

UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE FILOSOFÍA, LETRAS Y CIENCIAS DE LA
EDUCACIÓN
CARRERA DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA



“ELABORACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE
TEMAS DE FÍSICA III, EN LA CARRERA DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA DE
LA UNIVERSIDAD DE CUENCA”

Trabajo de Titulación previo a la obtención
del Título de Licenciado en Ciencias de la
Educación en Matemáticas y Física

AUTORES:

Carlos Santiago Chuquiguanga Lazo

C.I. 0104855796

Rita Elizabeth Ordóñez Castro

C.I. 0105808448

DIRECTOR:

Dr. Alberto Santiago Avecillas Jara

C.I. 1704208816

Cuenca - Ecuador

2018

RESUMEN

Debido a la importancia de la física elemental, como una de las ramas de aprendizaje básicas, para el posterior estudio de materias que requieren este conocimiento y además, debido a las actuales normativas para la educación expuestas por la Ley Orgánica de Educación Superior LOES y la Ley Orgánica de Educación Intercultural LOEI, se procede a desarrollar la presente propuesta denominada: Elaboración de material didáctico para la enseñanza de temas de física III

El presente trabajo, por un lado, pretende ser una propuesta metodológica constructivista, para que el docente pueda utilizar las maquetas conjuntamente con la guía en el desarrollo de los temas aquí incluidos y a su vez, para que los estudiantes asimilen de una manera más práctica los temas que se estudien.

Por otro lado, con las maquetas y sus respectivas guías de uso, se quiere implementar de material didáctico el laboratorio de física de la Carrera de Matemáticas y Física de la Universidad de Cuenca, de tal manera que tanto docentes y estudiantes puedan utilizarlo cuando así lo requieran.

Con la enseñanza de la física mediante este tipo de material didáctico se intenta hacer una conexión entre los conceptos teóricos que el texto guía presenta y las maquetas que representan realidades físicas, visibles y palpables para los estudiantes. Con lo anterior, se proyecta lograr aprendizajes de calidad en la materia de física III y, por ende, mejorar el rendimiento académico de los estudiantes de la Carrera de Matemáticas y física de la Universidad de Cuenca.

Palabras Clave: MATERIAL DIDÁCTICO, GUÍA DIDÁCTICA, MAQUETA, FÍSICA III.

ABSTRACT

Because of the importance of the Elementary Physics, as one of the basic branches, of learning for the later study of subjects in the field of Physics and because of the existing rules and regulations submitted by the Organic Law of Higher Education LOES, and the Intercultural Organic Law of Education LOEI, it proceeds to develop the present work denominated: Elaboration of Didactic Material for the Education of Subjects of Physics III.

On the one hand, this work pretends to be a constructivist methodological proposal because the professors can use the study models having as a source the development of this work while the students can learn the study subjects in a more practical way.

On the other hand, the study models and their respective user guides seek to implement resources for the physics laboratory of the Department of Math and Physic at the University of Cuenca in the hope that professors and students can use used this work whenever they need.

The physics teaching with didactic materials tries to make a connection between theoretical concepts in the guide text and the study models which represent visible and tangible physics realities for the students. This connection would achieve a quality education in the area of Physics III, and therefore, it will improve the students' academic performance who belong to the department of Math and Physics at the University of Cuenca.

Keywords: DIDACTIC MATERIAL, DIDACTIC GUIDE, STUDY MODELS, PHYSICS III.



ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
ÍNDICE.....	4
DEDICATORIA	12
AGRADECIMIENTO	14
INTRODUCCIÓN.....	16
CAPÍTULO 1	17
1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	17
1.1 Antecedentes	17
1.2 La educación. ¿Qué es?	18
1.3 Los modelos educativos: Tradicionalismo y Escuela Nueva.....	19
1.4 ¿Qué es el constructivismo?	21
1.5 Los medios de enseñanza.....	22
1.6 Materiales didácticos y Constructivismo	23
1.6.1 ¿Para qué utilizar material didáctico en la enseñanza de la física?	24
1.6.2 La guía didáctica	25
1.6.3 Las maquetas.....	26
1.7 El laboratorio de física de la Universidad de Cuenca: Importancia en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física	26
1.8 Los Contenidos	27
1.9 Material didáctico para la enseñanza de la física III. Cambios que se esperan	28
CAPÍTULO 2	30



2	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	30
2.1	Enfoque de la investigación	30
2.2	Estructura del instrumento para recolectar información	30
2.3	Identificación de variables	31
2.4	Revisión documental.....	31
2.5	Análisis e interpretación de los datos	31
2.5.1	PRIMERA PARTE: ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS.....	33
2.5.2	SEGUNDA PARTE: ANÁLISIS DE LA REVISIÓN DOCUMENTAL.....	50
2.6	Conclusiones a partir del análisis de los datos obtenidos.....	53
	CAPÍTULO 3	55
3	PROPUESTA.....	55
	Estructura de la propuesta.....	55
	Mapa de contenidos de los materiales didácticos incluidos en este trabajo	56
3.1	PRÁCTICA N° 1. CAMPO ELÉCTRICO	58
3.1.1	GUÍA PARA EL DOCENTE.....	59
3.1.2	MARCO TEÓRICO.....	60
3.1.3	EJERCICIO MODELO	62
3.1.4	ACTIVIDADES PROPUESTAS:.....	63
3.2	PRÁCTICA N° 2. POTENCIAL DE UN SISTEMA DE CARGAS PUNTUALES	65
3.2.1	GUÍA PARA EL DOCENTE.....	66
3.2.2	MARCO TEÓRICO.....	68
3.2.3	EJERCICIO MODELO	70
3.2.4	ACTIVIDADES PROPUESTAS	71
3.3	PRÁCTICA N° 3. INTERACCIÓN ELECTROSTÁTICA.....	72
3.3.1	GUÍA PARA EL DOCENTE.....	73
3.3.2	MARCO TEÓRICO.....	77
3.3.3	EJERCICIO MODELO	78
3.3.4	ACTIVIDADES PROPUESTAS	79
3.4	PRÁCTICA N° 4. ONDAS ESTACIONARIAS	80
3.4.1	GUÍA PARA EL DOCENTE.....	81
3.4.2	MARCO TEÓRICO	82



3.4.3	EJERCICIO MODELO	84
3.4.4	ACTIVIDADES PROPUESTAS	85
3.5	PRÁCTICA N° 5. VIBRACIONES DE CUERDAS	86
3.5.1	GUÍA PARA EL DOCENTE.....	87
3.5.2	MARCO TEÓRICO	88
3.5.3	EJERCICIO MODELO	91
3.5.4	ACTIVIDADES PROPUESTAS	92
3.6	PRÁCTICA N° 6. VIBRACIONES EN TUBOS DE AIRE ABIERTOS EN UNO DE SUS EXTREMOS.....	93
3.6.1	GUÍA PARA EL DOCENTE.....	94
3.6.2	MARCO TEÓRICO.....	95
3.6.3	EJERCICIO MODELO	97
3.6.4	ACTIVIDADES PROPUESTAS	98
3.7	PRÁCTICA N° 7. VIBRACIONES EN TUBOS DE AIRE ABIERTOS EN SUS EXTREMOS.....	99
3.7.1	GUÍA PARA EL DOCENTE.....	100
3.7.2	MARCO TEÓRICO	101
3.7.3	EJERCICIO MODELO	103
3.7.4	ACTIVIDADES PROPUESTAS	104
3.8	PRÁCTICA N° 8. EFECTO DOPPLER.....	105
3.8.1	GUÍA PARA EL DOCENTE.....	106
3.8.2	MARCO TEÓRICO	107
3.8.3	EJERCICIO MODELO	110
3.8.4	ACTIVIDADES PROPUESTAS	111
3.9	PRÁCTICA N° 9. REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN DE LA LUZ	112
3.9.1	GUÍA PARA EL DOCENTE.....	113
3.9.2	MARCO TEÓRICO	114
3.9.3	EJERCICIO MODELO	116
3.9.4	ACTIVIDADES PROPUESTAS	118
3.10	PRÁCTICA N° 10. ESPEJOS PLANOS.....	119
3.10.1	GUÍA PARA EL DOCENTE.....	120
3.10.2	MARCO TEÓRICO	121
3.10.3	EJERCICIO MODELO	123
3.10.4	ACTIVIDADES PROPUESTAS	124
3.11	PRÁCTICA N° 11. ESPEJOS ESFÉRICOS	125
3.11.1	GUÍA PARA EL DOCENTE.....	126



3.11.2	MARCO TEÓRICO	127
3.11.3	EJERCICIO MODELO	129
3.11.4	ACTIVIDADES PROPUESTAS	130
3.12	PRÁCTICA N° 12. LENTES DELGADAS.....	131
3.12.1	GUÍA PARA EL DOCENTE.....	132
3.12.2	MARCO TEÓRICO	133
3.12.3	EJERCICIO MODELO	135
3.12.4	ACTIVIDADES PROPUESTAS	136
CONCLUSIONES		137
RECOMENDACIONES		138
BIBLIOGRAFÍA		139
ANEXOS		141
Anexo 1. Validación		142

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Carlos Santiago Chuquiguanga Lazo, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **“ELABORACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE TEMAS DE FÍSICA III, EN LA CARRERA DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA”**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, mayo de 2018



Carlos Santiago Chuquiguanga Lazo

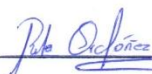
C.I: 0104855796

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Rita Elizabeth Ordóñez Castro en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **"ELABORACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE TEMAS DE FÍSICA III, EN LA CARRERA DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA"**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 2018



Rita Elizabeth Ordóñez Castro

C.I: 0105808448

Cláusula de Propiedad Intelectual

Carlos Santiago Chuquiguanga Lazo, autor del trabajo de titulación **“ELABORACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE TEMAS DE FÍSICA III, EN LA CARRERA DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA”**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, mayo de 2018



Carlos Santiago Chuquiguanga Lazo

C.I: 0104855796



Cláusula de Propiedad Intelectual

Rita Elizabeth Ordóñez Castro, autora del trabajo de titulación **“LABORACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE TEMAS DE FÍSICA III, EN LA CARRERA DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA”**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 2018

Rita Elizabeth Ordóñez Castro

C.I: 0105808448

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres: Carmen y Pedro por ser quienes me han apoyado cada día de mi formación personal y académica, amparándome económicamente y cuidando de mi con sus sabios consejos, a mi hijo Austin, a mi primo Jostin por compartirme sus alegrías convirtiéndose en el motor que impulsa mi vida. Finalmente, a mis amigos: Jenny, Jessica, Martin, Jhonatan y Juan.

Carlos Santiago Chuquiguanga Lazo



Dedico esta obra a Elías y Paúl, mis hermanos, quienes pronto irán a la universidad.

A las pequeñas Fátima y Sofía, mis sobrinas, que me brindaron una luz emocional; espero que ellas lleguen a ocupar un tan valorado lugar dentro de esta gran sociedad.

Y así mismo a todos aquellos que harán uso de esta obra.

Rita Ordóñez Castro



AGRADECIMIENTO

A la Universidad de Cuenca, a la carrera de Matemáticas y Física y sus docentes que lo conforman quienes han formado grandes profesionales llenos de conocimientos y de buenos valores.

Al Dr. Santiago Avecillas Jara, por contribuir como director del trabajo de titulación, guiando muy atenta y cautelosamente la elaboración de ésta obra.

A mi compañera Elizabeth Ordóñez, por el empeño y dedicación entregada durante ésta elaboración.

A la Sra. Sandra Mora, madre de mi hijo por cuidar de él permitiendo que desempeñe mis labores de una manera satisfactoria.

A los Sres. Leandro Lliguisupa, Jaime Borja y Osmani Romero, inspectores de la Policía Municipal, por autorizar los horarios más convenientes, los cuales me permitieron cumplir satisfactoriamente con el presente trabajo de titulación.

Carlos Santiago Chuquiguanga Lazo



A todos aquellos que hicieron posible esta meta de mi vida, en especial a mis padres Ana Castro y Pedro Ordóñez, que perseveraron durante todo el tiempo que me tomó llegar a este nivel de estudio.

A mi hermana, Alicia Ordóñez y su esposo Sebastián Maldonado, por su acogida.

A mi hermana, Lupe Ordóñez y su esposo Juan Zhunio, por su bondad hacia a mi persona.

Al Dr. Alberto Santiago Avecillas Jara por su apoyo de controlar y dar seguimiento a este trabajo como director de tesis.

Y a mi estimado amigo, Carlos Chuquiguanga, por trabajar constantemente en la realización y culminación de este proyecto.

Rita Ordóñez Castro

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación ha sido desarrollado como una estrategia de implementación de material didáctico para física III dirigido al Laboratorio de Física de la Carrera de Matemáticas y Física de la Universidad de Cuenca, además de ello, para motivar la enseñanza de estos temas a través del uso de las maquetas, para que los estudiantes puedan visualizar y manipular las realidades teóricas que se estudian dentro de la física III. La propuesta consta de tres capítulos:

En el capítulo I se hace un análisis de conceptos como la educación, los modelos educativos, el constructivismo, los medios de enseñanza, los materiales didácticos dentro del Constructivismo, las maquetas, la guía didáctica, el laboratorio de física y su importancia para el aprendizaje de la física, así también se incluyen los contenidos que se desarrollarán y finalmente, los cambios que se esperan luego de aplicar la presente propuesta.

En el capítulo II se detalla el trabajo de la investigación de campo a través de la encuesta aplicada a la población pertinente. Luego de ello, se presenta la información obtenida mediante tablas y gráficos, se procede a hacer el análisis de cada una de las preguntas, finalmente se transcriben una serie de conclusiones, las cuales sirven de base para el desarrollo de la propuesta.

En el capítulo III, se desarrolla la propuesta la cual consiste de 12 maquetas, cada una con su respectiva guía de uso, la misma que consta de cuatro secciones: guía para el docente, marco teórico, ejercicio modelo del tema tratado y finalmente una sección de actividades que servirán para evaluar la calidad del aprendizaje de los estudiantes que utilizaron esta propuesta para el desarrollo de determinado tema.

CAPÍTULO 1

1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 Antecedentes

El constante avance de la sociedad se evidencia en la complejidad y rapidez de los sistemas actuales. Hace unas décadas, para comunicarse con un amigo lejano había que escribir una carta, llevarla al correo, esperar que la carta salga, que sea entregada y que, en unos días o semanas, dependiendo de la distancia, sea leída por el destinatario; de igual manera, para recibir la respuesta, se debía esperar otro periodo de tiempo. Hoy en día, con solo presionar una tecla, se puede comunicar no solo con un amigo, sino con un grupo de amigos online al instante. El escribir algo y esperar la respuesta es cuestión de segundos.

Así como se ha considerado el cambio social en tanto a la información y comunicación de hace unas décadas atrás con la actual, así mismo se puede analizar lo que ha sucedido en cuanto a la educación. Los antiguos métodos de enseñanza han sido sustituidos por las teorías de la nueva escuela. La repetición, la rigidez, el castigo, la imposición, han sido sustituidos por métodos de trabajo libre, el refuerzo, los centros de interés, el aprendizaje natural, las zonas de desarrollo próximo, etc.

De esta manera, con los métodos modernos de la educación “los fríos libros, los salones y el formalismo son así sustituidos por la vivencia y experiencia que proporciona el contacto directo con la naturaleza, los museos, los laboratorios y talleres”. (De Zubiría Samper, 2008, p. 109)

Con los cambios que se han dado, la sociedad busca brindar una educación cada vez más enfocada en quien aprende. Por lo tanto, es necesario contar con los recursos metodológicos y didácticos que contribuyan a la visión de enseñanza y aprendizaje de la escuela nueva, ya que, a diferencia de la educación tradicionalista en donde todo parece ser abstracto, en la escuela nueva se da mucha importancia a que todos los conceptos y representaciones sean observables y palpables.

Si la educación ha evolucionado en todo el mundo, en el Ecuador no ha sido la excepción. Es así que, actualmente en el país se trabaja bajo la visión de las corrientes pedagógicas que ofrece la modernidad. De acuerdo a los lineamientos que ofrece la Ley orgánica de Educación Intercultural (LOEI), la idea es brindar a los estudiantes una educación de calidad y calidez, en donde todos puedan ser partícipes del proceso de enseñanza y aprendizaje y que luego puedan transformar, para bien, la sociedad en donde se desarrollan como personas.

1.2 La educación. ¿Qué es?

El aprender a imitar algo de un modelo, no es necesariamente educación. Un chimpancé puede aprender a imitar rápidamente a sus semejantes y desarrollar esas destrezas, pero no va más allá de ello. Pronto todo lo que haga será repetitivo y ya no desarrollará nuevas habilidades. Sin embargo, un niño tarda más en desarrollar sus destrezas, pero, a fin de cuentas, cada vez las multiplicará paulatinamente con ayuda de sus semejantes. (Savater, 1997, p. 12)

Se puede decir que la educación es una acción intencionada, en donde la idea fundamental es dotar de conocimientos, habilidades y destrezas a los nuevos miembros de la sociedad. Es una transmisión no solo de conocimientos sino de experiencias, modos de pensar y actuar, sentimientos, emociones, etc. Es decir, la transferencia de todo lo que

pueda transmitir. “La educación transmite porque quiere conservar; y quiere conservar porque valora positivamente ciertos conocimientos, ciertos comportamientos, ciertas habilidades y ciertos ideales. Nunca es neutral: elige, verifica, presupone, convence, elogia y descarta” (Savater, 1997, p. 65)

En nuestro país la Ley Orgánica de Educación Intercultural (LOEI) es el organismo regulador de la educación inicial y media y reconoce, como uno de sus principios, a la educación como un acto de transformación de la sociedad:

La educación constituye instrumento de transformación de la sociedad; contribuye a la construcción del país, de los proyectos de vida y de la libertad de sus habitantes, pueblos y nacionalidades; reconoce a las y los seres humanos, en particular a las niñas, niños y adolescentes, como centro del proceso de aprendizajes y sujetos de derecho; y se organiza sobre la base de los principios constitucionales; (Asamblea Nacional, 2010, p. 8)

Así pues, la educación cambia a la sociedad. Y en nuestro país se ha colocado a quien aprende como el centro del proceso educativo, por ello, como se verá más adelante, se puede demostrar que se están utilizando las modernas estrategias de enseñanza y aprendizaje y de acuerdo a esto, todo se planifica en base a las necesidades de los estudiantes para que puedan desarrollarse y poner al máximo sus potencialidades.

1.3 Los modelos educativos: Tradicionalismo y Escuela Nueva

Según la Real Academia de la Lengua RAE, “la escuela es el establecimiento o institución donde se dan o se reciben ciertos tipos de instrucción”

A decir de Zubiria Julián, la escuela tradicional ha sido la encargada de transmitir este tipo de instrucciones o conocimientos de forma aislada, quizá de forma muy abstracta



y menos explicativa de la realidad. Y nunca tomó en consideración la capacidad imaginativa y creadora del niño y éste, perdió la motivación por el conocimiento.

La escuela tradicional se preocupó de transmitir los conocimientos de manera individualizada, sin permitir que el que aprende relacione conceptos y los entreteja. “El aprendizaje de una información particular no tiene sentido, si antes no están presentes en el individuo unas herramientas de conocimiento que le permitan entender su significado. Y eso fue lo que desconoció la escuela tradicional” (De Zubiría Samper, 2008, p. 73)

En contraste con la escuela tradicional se funda la escuela nueva y los nuevos modelos de educación que sugieren nuevas formas de enseñanza y aprendizaje. “La escuela activa y la mayor parte de las corrientes constructivistas, han centrado su problema pedagógico en las relaciones entre el alumno, el maestro y el saber” (De Zubiría Samper, 2008, p. 73)

De esta manera, la escuela nueva estará relacionada siempre a la acción. Vinculada a los sentidos para Montessori, al trabajo para Kerschensteiner, al juego para Fröbel, o a la expresión para Freinet, pero siempre ligada a la actividad. (De Zubiría Samper, 2008, p. 97)

De acuerdo a los párrafos anteriores, en el modelo tradicional el centro del proceso educativo es el profesor y que la educación está basada en la memorización y la pasividad del estudiante. En el modelo de la escuela nueva, el profesor deja de ser el centro del proceso educativo y es el estudiante quien es considerado el centro del proceso. Así que todo es planificado en base a sus intereses y necesidades. Se deja de lado la memorización y se busca el aprendizaje activo del estudiante.

1.4 ¿Qué es el constructivismo?

Como ya se mencionó anteriormente, la idea fundamental de la Escuela Nueva es innovar los métodos antiguos de la educación. Es decir, que los procesos de aprendizaje basados en la repetición, el intelectualismo, el memorismo, sean reemplazados por actividades en donde el estudiante aprende de manera activa: jugando, manipulando, experimentando, en pocas palabras, interactuando con la realidad.

El constructivismo es una de las corrientes de la Escuela Nueva. En este modelo educativo, la idea fundamental es que el estudiante sea el principal actor y constructor de su conocimiento. Así pues, lo construye en base a los conocimientos previos que posee y a la disponibilidad que tiene para aprender. En este proceso es acompañado por el profesor que actúa de guía y mediador entre el que aprende y la cultura. (Coll, et al., p. 19)

Por otro lado, con la ayuda de la corriente constructivista, el profesor puede tomar y fundamentar sus decisiones en la planificación de las actividades educativas. Por ejemplo, puede tomar en consideración criterios de enseñanza, evaluación, metodologías. Además, también le ayudará a responder ante algunos problemas en el aprendizaje: ¿por qué el estudiante no aprende? ¿por qué una unidad planificada cuidadosamente no funciona? ¿por qué a veces no se cuenta con indicadores que le permitan ayudar a sus estudiantes? (Coll, et al., p. 20)

Así, la corriente constructivista ofrece herramientas con varias opciones tanto para los estudiantes como para los profesores. Los estudiantes son los responsables de aprender en base a los recursos que estén a su alrededor. A su vez, el profesor es quien brinda los recursos necesarios a sus estudiantes para difundir en ellos los conocimientos deseados.

1.5 Los medios de enseñanza

Según Medina Rivilla y Salvador Mata (2009) definen a los medios de enseñanza como “cualquier recurso que el profesor prevea emplear en el diseño o desarrollo del currículum –por su parte o la de los alumnos– para aproximar o facilitar los contenidos, mediar en las experiencias de aprendizaje, provocar encuentros o situaciones, desarrollar habilidades cognitivas, apoyar sus estrategias metodológicas o facilitar o enriquecer la evaluación.” (pág. 201)

O sea, se puede decir que un medio de enseñanza es cualquier material que se utilice para profundizar de mejor manera los contenidos que son objeto de estudio. Por ejemplo, el utilizar un video sobre los ciclos del agua para profundizar ese tema en la clase de ciencias naturales del noveno de básica. O el profesor que utiliza una maqueta del modelo atómico de Rutherford para sus clases de física moderna, o el profesor que utiliza clavos e hilo para que sus estudiantes dibujen sobre cartón la gráfica de una función.

Tanto el vídeo, la maqueta, los clavos, el cortón y el hilo son medios o recursos educativos que el profesor usa para mejorar el aprendizaje. Cabe mencionar que en la actualidad “no existe una definición consensuada ni unívoca acerca de lo que es un medio de enseñanza. La terminología para su designación también es diversa utilizándose los términos de «recurso», «recurso didáctico», «medios», «medio de enseñanza», «materiales curriculares», etc.” (Medina Rivilla & Salvador Mata, 2009)

Además, cabe señalar que, para el desarrollo de este trabajo de investigación, se utilizará la terminología material didáctico para referirse a los medios de enseñanza ya que está más contextualizada en el lugar que se desarrolla este trabajo y además se considera más adecuada para referirse a las maquetas que son parte de la propuesta.

1.6 Materiales didácticos y Constructivismo

Los materiales didácticos, como se mencionó en los párrafos anteriores, son recursos que el profesor utiliza para llegar de mejor manera al entendimiento y asimilación de conceptos por parte de los estudiantes. Es decir, son todas las cosas que el profesor emplea en sus horas de clase: el marcador, la pizarra, el texto, la calculadora, la radio, los recortes de periódico, los mapas conceptuales, las maquetas, el computador, una rana viva, etc.

Existen muchos materiales didácticos y de muchos por tipos, pero “todos «intermedian» o representan de distinto modo las «realidades» que hay que estudiar en la escuela. Es decir, la enseñanza se realiza directamente de la propia realidad (si enseñas una granja o una catedral in situ) o por medio de la representación de la realidad en un «texto» (sea verbal, icónico, gráfico, etc.) que es portado por un mediador, porque la realidad, al no tenerla accesible, ha pasado a ser reproducida simbólicamente. (Medina Rivilla & Salvador Mata, 2009)

Así también, como ya se mencionó, el constructivismo busca que el estudiante cree su conocimiento en base a lo que se le pueda brindar para favorecer este proceso.

Específicamente hablando de un centro educativo, quien brinda todos los materiales para que el estudiante construya sus conocimientos es el profesor. De ahí que los materiales didácticos son una solución ante esta exigencia del constructivismo. Mientras el profesor disponga de materiales suficientes y novedosos, podrá llegar a conceptualizar de mejor manera los aprendizajes de sus estudiantes.

1.6.1 ¿Para qué utilizar material didáctico en la enseñanza de la física?

En los centros de educación media de la república del Ecuador el eje curricular integrador de las ciencias experimentales es “Comprender los fenómenos físicos y químicos como procesos complementarios e integrados al mundo natural y tecnológico” (Ministerio de Educación del Ecuador, 2010, pág. 5)

De acuerdo al eje curricular integrador del área de las ciencias experimentales, lo prioritario es que el estudiante comprenda los fenómenos del medio en que vive. Y es aquí en donde entra en juego el uso de material didáctico, los estudiantes podrán, lograr esa comprensión ya que, de alguna manera, lograrán entender el concepto, manipularlo (en el caso de una maqueta) y profundizar en él y no solo memorizarlo de manera abstracta. Obsérvese el siguiente ejemplo:

Si al estudiante se le dice que la Ley de Ohm se relaciona con el voltaje, la intensidad y la resistencia y se le presenta la fórmula respectiva, éste se aprenda la fórmula, pero quizá no vaya más allá de eso. En cambio, si para la clase de la Ley de Ohm el profesor lleva un circuito sencillo y en donde le pida al estudiante armarlo, luego hacer mediciones y ver lo que pasa al variar la resistencia o el voltaje o la intensidad, el estudiante aprende el concepto de manera diferente, interactuando con la realidad. De manera que entiende la fórmula y quizá quiera profundizar más en esta área de la física.

Una consideración importante sobre los materiales didácticos es que deben ser contextualizados “Es indispensable, para que la acción didáctica se lleve a cabo en forma eficiente, tomar en consideración el medio en donde funciona el centro educativo, pues solamente así podrá ella orientarse hacia las verdaderas exigencias económicas, culturales y sociales.” (Torres Maldonado & Girón Padilla, 2009)

El uso de material didáctico favorecerá al proceso de enseñanza y aprendizaje de los contenidos de una materia en particular, en este caso la física en todos sus niveles ya sea básico o superior. De ahí la importancia de contar con este tipo de materiales en el aula o en el laboratorio.

1.6.2 La guía didáctica

Desde la corriente del constructivismo, como ya se vio anteriormente, se sugieren una serie de herramientas que permiten al estudiante y al profesor desarrollar sus actividades educativas de mejor manera. Una de las herramientas con las que cuenta es la guía didáctica.

“Se considera como guía didáctica al instrumento digital o impreso que constituye un recurso para el aprendizaje a través del cual se concreta la acción del profesor y los estudiantes dentro del proceso docente, de forma planificada y organizada, brinda información técnica al estudiante y tiene como premisa la educación como conducción y proceso activo” (García Hernández & de la Cruz Blanco, 2014, pág. 165)

De acuerdo a lo anterior, la guía didáctica es una herramienta que ofrece algunas ventajas y que concuerdan con los lineamientos que plantea el constructivismo, por ello sería indispensable tenerla presente en la enseñanza y aprendizaje de los temas de la física ya que permitirá que el acto educativo se lleve de manera ordenada, secuencial y sobre todo que se concreten los contenidos que se estudian.

1.6.3 Las maquetas

Otra de las herramientas que se pueden utilizar dentro el aula constructivista para la enseñanza de la física son las maquetas. Las mismas que constituyen algo palpable y visible de una realidad que no se puede concebir directamente ya sea porque es muy grande: por ejemplo, el universo, muy pequeña: por ejemplo, una célula, o muy teórica, por ejemplo, el modelo atómico de Rutherford.

“La maqueta didáctica, que ofrece al estudiante la posibilidad de comprender de forma inmediata ciertas materias. Principalmente capacita al alumno para interiorizar y asimilar conceptos muy abstractos en relación a la visión espacial, la geometría y los sistemas de representación, que a menudo nos obligan a aprender en las escuelas sin que lleguemos a interiorizarlos.” (Ruiz Martin, 2012, pág. 3)

El uso de las maquetas en el área de las ciencias experimentales debería de ser imprescindible ya que, en estas áreas, especialmente dentro de la física, existen contenidos teóricos de un cierto nivel de abstracción, como por ejemplo las fuerzas de atracción o repulsión presentes entre dos cargas eléctricas.

Mediante la elaboración y uso de las maquetas se pretende que los estudiantes de la carrera de matemáticas y física de la Universidad de Cuenca, construyan su conocimiento de manera sólida y sepan compartir estos conocimientos con sus futuros estudiantes.

1.7 El laboratorio de física de la Universidad de Cuenca: Importancia en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física

En la clasificación de los medios de enseñanza, los laboratorios forman parte de los recursos o medios escolares. Es decir, los recursos propios con los que cuenta el centro

educativo, cuyo único y prioritario destino es colaborar en los procesos de enseñanza. (Medina Rivilla & Salvador Mata, 2009).

En concordancia al párrafo anterior, se puede mencionar que el laboratorio de Física de la Facultad de Filosofía Letras y Ciencias de la Educación de la Universidad de Cuenca es un recurso de la institución para lograr que los estudiantes de la carrera de matemáticas y física logren conceptualizar de mejor manera los contenidos de los temas de la física.

De ahí la importancia que tiene este lugar para la enseñanza y aprendizaje de los conceptos y fenómenos dentro de la física. Ya que el futuro docente que desarrolla sus destrezas en este lugar logrará construir un pleno entendimiento de los fenómenos físicos y luego integrarlos a sus conocimientos para después compartirlos ya sea con sus compañeros de estudios o con sus estudiantes.

1.8 Los Contenidos

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se ha visto necesaria la implementación de material didáctico en los contenidos que presenta el libro titulado Física III, del libro del Doc. Santiago Avecillas. Ya que se quiere implementar algunos temas de esta obra con material concreto, específicamente con maquetas, además de ello, sus respectivas guías de uso.

Se ha elegido el libro Física III, del Doc. Santiago Avecillas, ya que se considera un instrumento útil dentro del aprendizaje de los temas de la física. Los temas para los cuales se desarrollarán las maquetas son:

1. Campo eléctrico

1.1.Intensidad de campo eléctrico

1.2.Energía de campo eléctrico

1.3.Diferencia de potencial

2. Ondas y Acústica

2.1.Ondas estacionarias

2.2.Vibraciones de cuerdas y tubos de aire

2.3.Efecto Doppler

3. Óptica Geométrica

3.1.Leyes de la reflexión y refracción de la luz

3.2.Fenómenos de refracción

3.3.Espejos planos

3.4.Lentes esféricas delgadas

1.9 Material didáctico para la enseñanza de la física III. Cambios que se esperan

Con la implementación de los materiales didácticos que se elaborarán en el desarrollo de este trabajo de titulación, se espera contribuir de manera positiva en la construcción del conocimiento de los estudiantes de la carrera de matemáticas y física de la Universidad de Cuenca. Con ello, se pretende que el estudiante logre tener un aprendizaje integrador y de calidad.

De esta manera, y a través del uso de estos materiales didácticos, se pretende aportar y ayudar a dar cumplimiento a los derechos de los estudiantes los cuales están contemplados en la Ley Orgánica de Educación Superior LOES y que en su artículo 5 literal c) afirma: Es derecho de las y los estudiantes “Contar y acceder a los medios y



recursos adecuados para su formación superior; garantizados por la Constitución”
(Asamblea Nacional, 2010, pág. 6)

Además de ello, se pretende equipar el laboratorio de física de la Facultad de Filosofía, letras y ciencias de la Educación de la Universidad de Cuenca con material nuevo y novedoso que permita brindar una educación de excelencia y de calidad a todos los estudiantes quienes por razones de aprendizaje deben hacer uso de sus instalaciones y recursos.

CAPÍTULO 2

2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO.

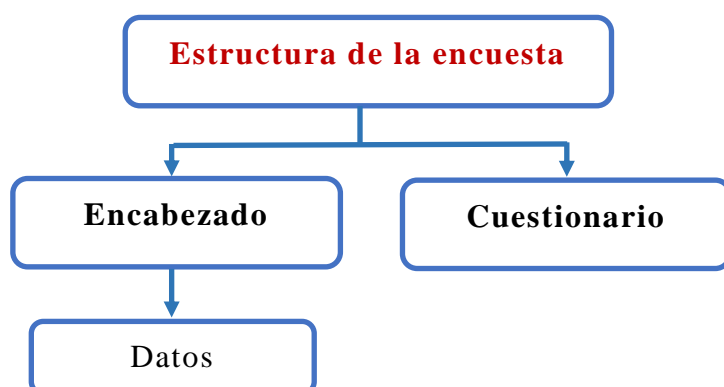
2.1 Enfoque de la investigación

Este trabajo de investigación fue ideado para que sea de carácter cuantitativo, por ello, en la etapa del levantamiento de la información, se han utilizado herramientas como la encuesta y la revisión documental.

El ámbito de estudio es regional y la población son los estudiantes de la carrera de matemáticas y física de la Universidad de Cuenca, que tomaron la asignatura de Física III, motivo por el cual, se encuestó a quienes se encontraban cursando en ese momento el quinto, séptimo y noveno ciclo del periodo marzo-julio 2017. Se investigó a toda la población, con ello se ha logrado obtener un cien por ciento de confiabilidad en los resultados obtenidos.

2.2 Estructura del instrumento para recolectar información

La encuesta utilizada para el levantamiento de la información consta de un encabezado, en donde se pide la información del encuestado, y luego un banco de 13 preguntas de carácter cuantitativo. Para las respuestas se presentan varias opciones de acuerdo a los lineamientos de la escala de Likert.



2.3 Identificación de variables

Se han identificado las siguientes variables:

Variable dependiente: rendimiento académico

Variables independientes: Las maquetas, la guía didáctica

2.4 Revisión documental

Se realizó una revisión documental de los registros de calificaciones para evidenciar el rendimiento a través del porcentaje de notas más altas, notas mínimas y el promedio general de los estudiantes que tomaron la asignatura de Física III en los periodos más recientes; septiembre 2014-febrero 2015, septiembre 2015-febrero 2016 y septiembre 2016- febrero 2017.

Las calificaciones se obtuvieron por medio de un oficio al señor decano de la Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación, Magister Humberto Chacón, quien aprobó la petición. Una vez hecho esto, se procedió a la revisión y constatación de calificaciones.

2.5 Análisis e interpretación de los datos

a) **Encuesta:** Luego de aplicada la encuesta se procede a la presentación y análisis de los datos obtenidos. Para ello se utiliza la hoja electrónica de cálculo Excel.

Todas las preguntas se evalúan de acuerdo a este criterio: primeramente, se transcribe la pregunta en el mismo orden que constaba en la encuesta aplicada, luego de ello se presenta un gráfico que muestra los resultados obtenidos y finalmente se hace el análisis e interpretación de esos resultados.



b) Revisión documental: Luego de la revisión de las notas de los estudiantes, se procesan los datos obtenidos en la hoja electrónica de cálculo Excel y se presenta la información mediante tablas y gráficos. A continuación, se transcriben los datos obtenidos y al final se dan algunas conclusiones.

2.5.1 PRIMERA PARTE: ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS

Pregunta 1.

¿En qué ciclo se encuentra actualmente?

Tabla 1

Categorías	Frecuencia	Porcentaje
Quinto	32	55%
Séptimo	19	33%
Noveno	7	12%
Total	58	100%



Gráfico 1: Presentación de datos a partir de la tabla 1

Análisis e interpretación

De acuerdo al gráfico de la tabla 1, se puede evidenciar que un alto porcentaje de estudiantes encuestados pertenecen al quinto ciclo de la carrera. Es decir, en el periodo Marzo-Julio 2017, existen más estudiantes en ese curso, el cual viene a convertirse en una muestra significativa en este trabajo de investigación.

Pregunta 2

Cuando usted cursó la materia de Física III, ¿se le presentaron dificultades en el proceso de aprendizaje?

Tabla 2

Categorías	Frecuencia	Porcentaje %
Sí	9	16%
A veces	43	74%
No	6	10%
Total	58	100%

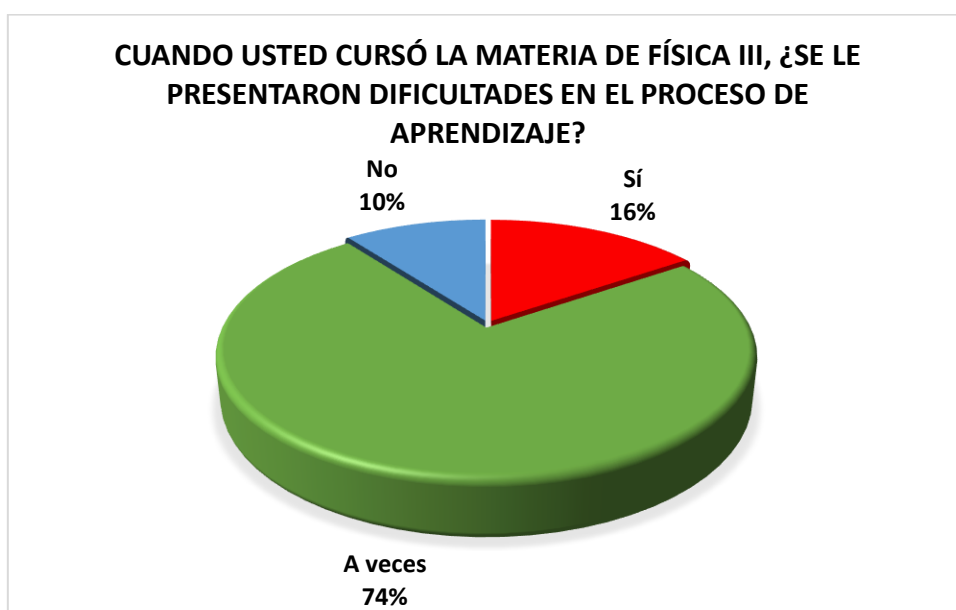


Gráfico 2: Presentación de datos a partir de la tabla 2

Análisis e interpretación

De acuerdo al gráfico 2, se puede evidenciar que el 90% de la población encuestada dice haber tenido, al menos una vez, problemas en el proceso de aprendizaje de la materia de Física III. Por ello es necesario mejorarlo implementando algunas estrategias educativas.

Pregunta 3

Cuando usted cursó la materia de física III, ¿cuál fue su promedio?

Tabla 3

Categorías	Frecuencia	Porcentaje %
0 - 5	0	0%
5,01 - 7,50	13	22%
7,51 - 8,50	32	55%
8,51 - 10,00	13	22%
Total	58	100%

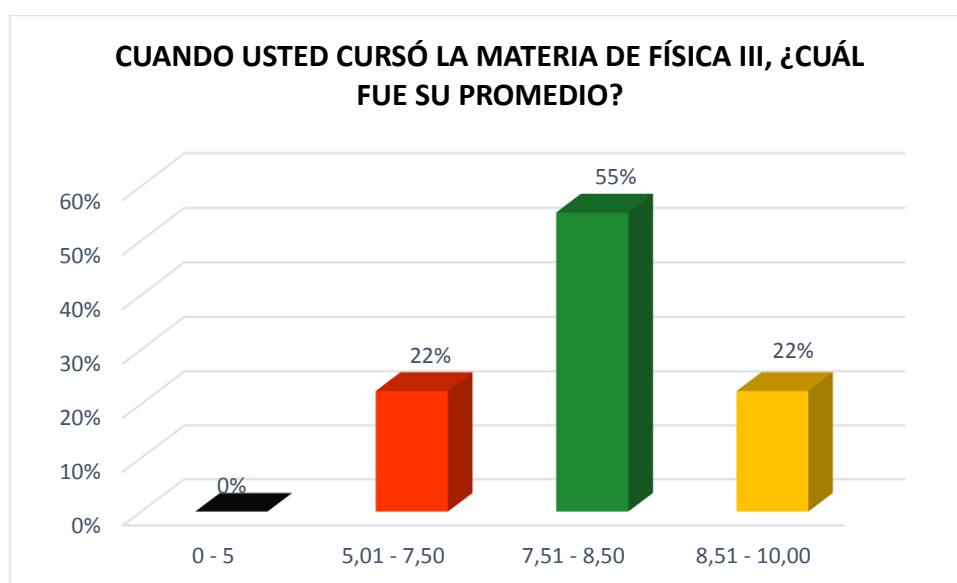


Gráfico 3: Presentación de datos a partir de la tabla 3

Análisis e interpretación

De acuerdo al gráfico 3 se evidencia que más del 50% de la población, tiene su promedio de notas, en la materia de Física III, entre 7,51 y 8,50. De acuerdo a los estándares de educación ecuatoriana, este es un promedio aceptable. Sin embargo, el objetivo sería mejorar el proceso de enseñanza, puesto que las calificaciones son una consecuencia directa de los niveles de aprendizaje.

Pregunta 4.

Cuando usted cursó la materia de física III, ¿utilizó material didáctico?

Tabla 4

Categorías	Frecuencia	Porcentaje %
Siempre	0	0%
A veces	32	55%
Nunca	26	45%
TOTAL	58	100%

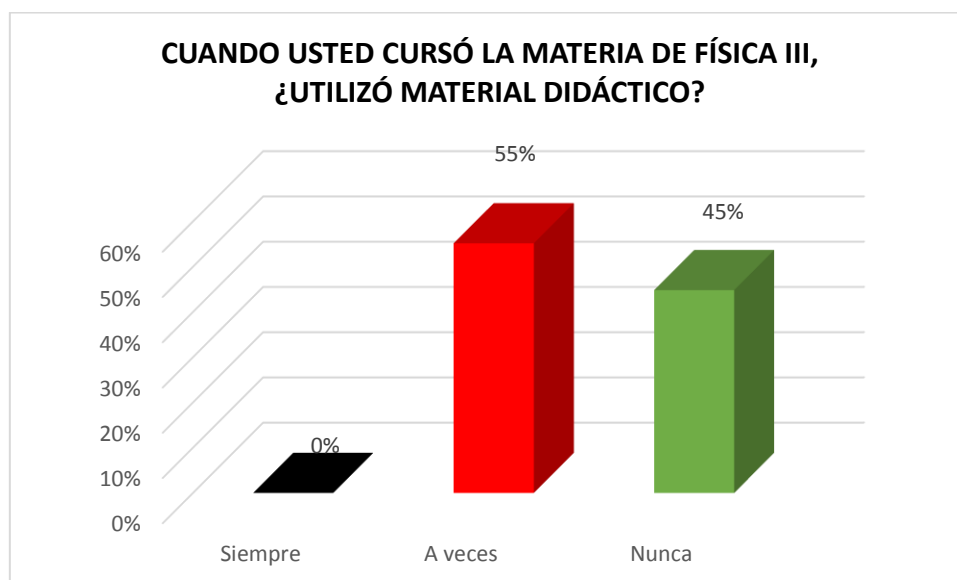


Gráfico 4: Presentación de datos a partir de la tabla 4

Análisis e interpretación

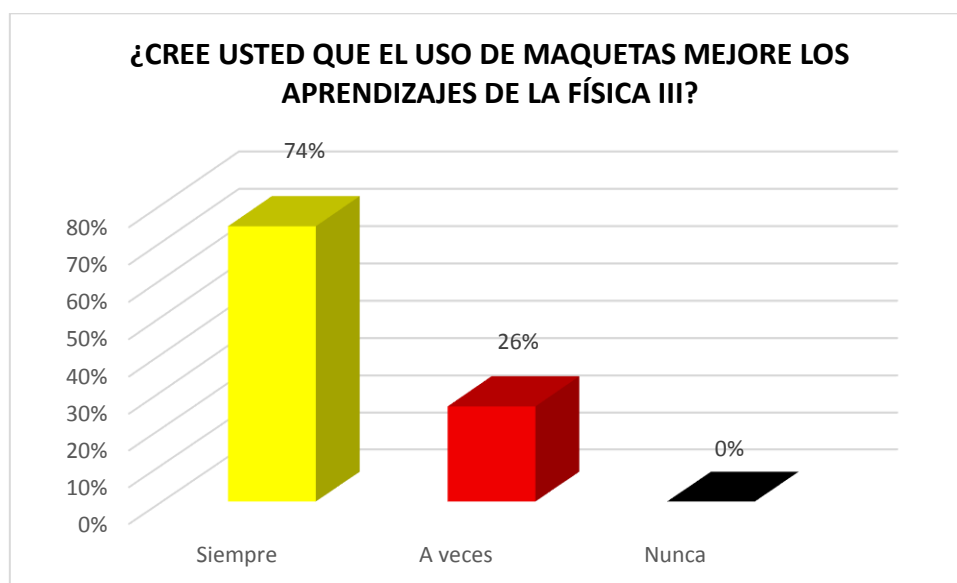
De acuerdo al gráfico 4, el 55% de la población estudiada afirma que a veces utilizó material didáctico para el aprendizaje de la Física III, mientras que el 45% restante afirma que nunca lo hizo. Con lo anterior, se evidencia la necesidad de implementar materiales didácticos para la materia en cuestión.

Pregunta 5.

¿Cree usted que el uso de maquetas mejore los aprendizajes de la física III?

Tabla 5

Categorías	Frecuencia	Porcentaje %
Siempre	43	74%
A veces	15	26%
Nunca	0	0%
Total	58	100%

**Gráfico 5: Presentación de datos a partir de la tabla 5****Análisis e interpretación**

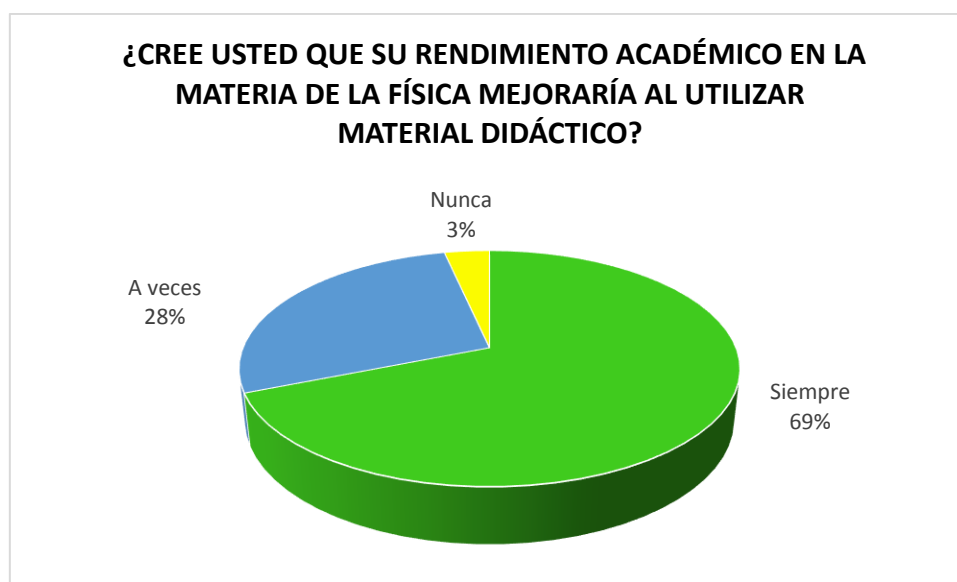
De acuerdo al gráfico 5, se logra constatar que el 74% de la población está totalmente de acuerdo en que al usar las maquetas en las clases de física III, se van a lograr mejores aprendizajes. Con esto se puede evidenciar que los estudiantes de la carrera de matemáticas y física dan prioridad a los materiales didácticos palpables como recursos para mejorar el aprendizaje.

Pregunta 6.

¿Cree usted que su rendimiento académico en la materia de la física mejoraría al utilizar material didáctico?

Tabla 6

Categorías	Frecuencia	Porcentaje %
Siempre	40	69%
A veces	16	28%
Nunca	2	3%
TOTAL	58	100%

**Gráfico 6: Presentación de datos a partir de la tabla 6****Análisis e interpretación**

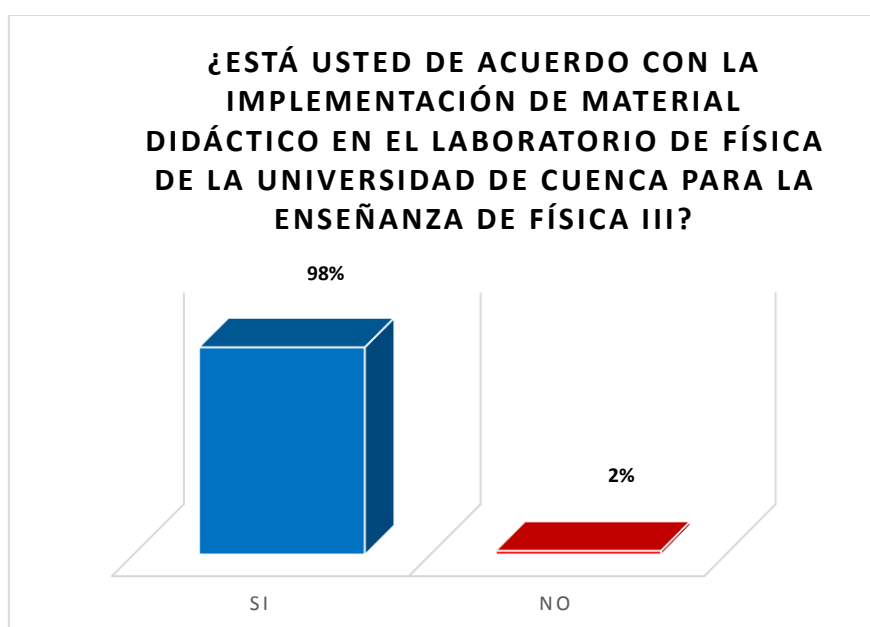
De acuerdo al gráfico 6, se observa que el 69% de los encuestados estiman que su rendimiento académico, en la materia de física III, mejoraría al utilizar material didáctico en general. Y al igual que en la pregunta 5, se puede evidenciar la importancia que los estudiantes dan a los materiales didácticos en el proceso de aprendizaje de la física como ciencia experimental.

Pregunta 7.

¿Está usted de acuerdo con la implementación de material didáctico en el laboratorio de física de la Universidad de Cuenca para la enseñanza de física III?

Tabla 7

Categorías	Frecuencia	Porcentaje %
Si	57	98%
No	1	2%
TOTAL	58	100%

**Gráfico 7: Presentación de datos a partir de la tabla 7****Análisis e interpretación**

De acuerdo a los datos presentados por el gráfico 7, el 98% de los encuestados está de acuerdo en que se implemente material didáctico en el laboratorio de física, para la enseñanza de la materia de física III. Con esto se puede evidenciar la necesidad de implementar estos recursos que ayuden a los estudiantes en el aprendizaje de la física.

Pregunta 8.

El uso de material didáctico ayudaría a mejorar la explicación de la teoría

Tabla 8

Categorías	Frecuencia	Porcentaje %
Totalmente en desacuerdo	1	2%
En desacuerdo	1	2%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	4	7%
De acuerdo	28	48%
Totalmente de acuerdo	24	41%
TOTAL	58	100%

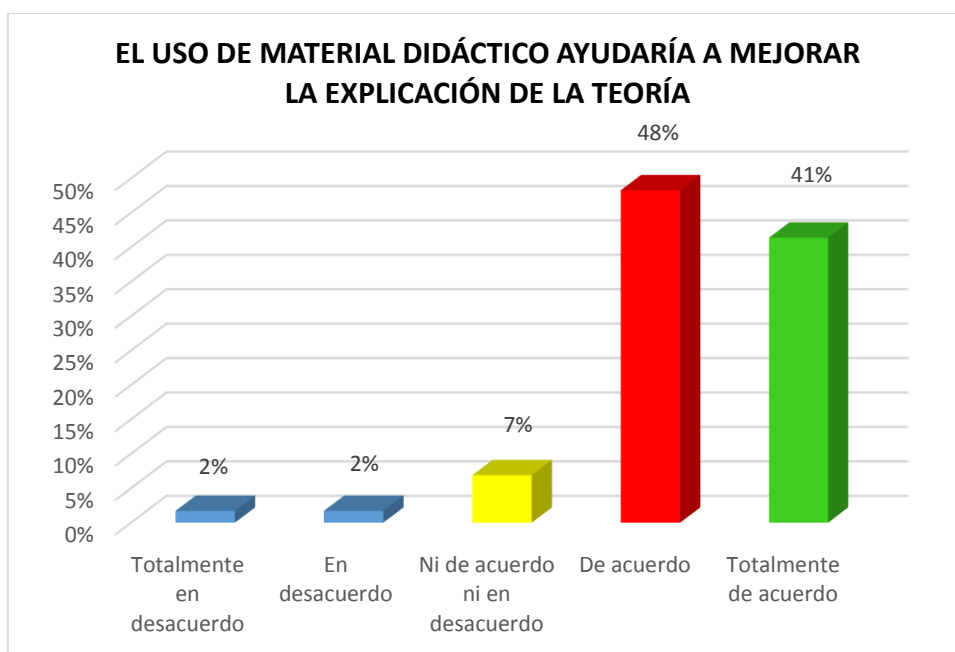


Gráfico 8: Presentación de datos a partir de la tabla 8

Análisis e interpretación

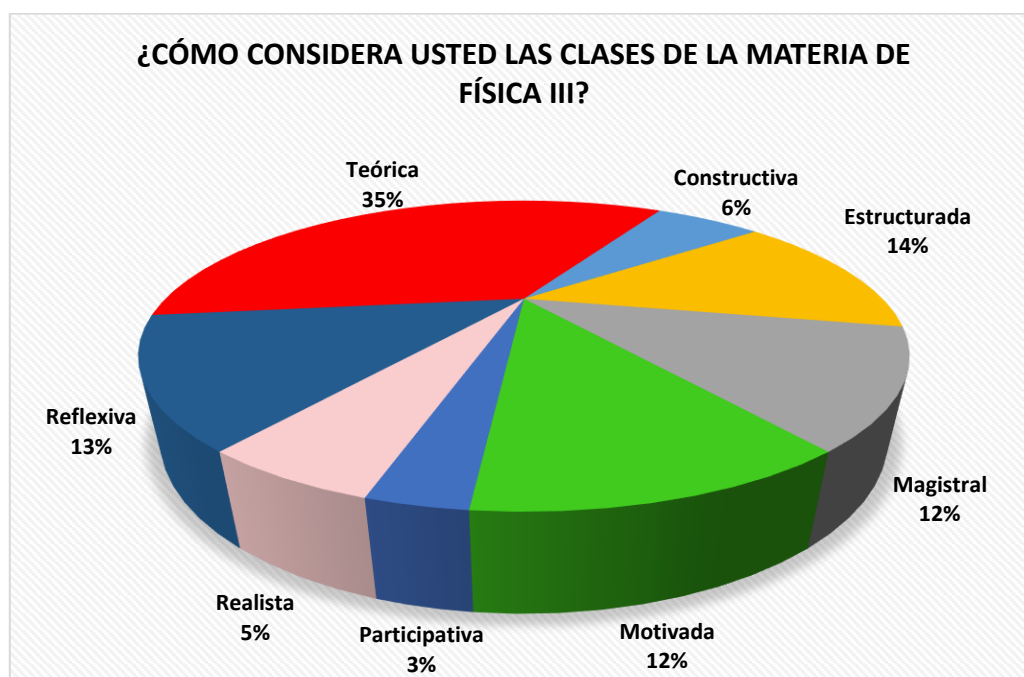
De acuerdo al gráfico 8, el 89% de los encuestados está de acuerdo en que los materiales didácticos ayudarían a mejorar la comprensión de la teoría. Con ello, se puede decir que la población estudiada considera importante el uso de material didáctico para entender de mejor manera la parte teórica de la materia de física.

Pregunta 9.

¿Cómo considera usted las clases de la materia de física III? *Nota: un encuestado podía marcar más de una opción.*

Tabla 9

Categorías	Porcentaje %
Constructiva	6%
Estructurada	14%
Magistral	12%
Motivada	12%
Participativa	3%
Realista	6%
Reflexiva	13%
Teórica	35%

**Gráfico 9: Presentación de datos a partir de la tabla 9****Análisis e interpretación**

De acuerdo a la información presentada por la gráfica 9, el 35% de la población considera a las clases de física III como teóricas. Luego, el 14% la considera estructurada, el 13%



la considera reflexiva, un 12% la considera motivada y otro 12% la considera magistral. Con los datos obtenidos, se ve que sería necesario orientar estas sesiones de clase a un corte más constructivista y participativo.

Pregunta 10.

¿EN CUÁL DE LOS SIGUIENTES TEMAS CONSIDERA USTED QUE SE DEBE IMPLEMENTAR MATERIAL DIDÁCTICO?

Tabla 10

Ítem: Tema:	Muy de acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
Campo eléctrico	44%	36%	18%	0%	2%
Ondas y acústica	51%	37%	7%	4%	2%
Óptica geométrica	64%	25%	9%	0%	2%

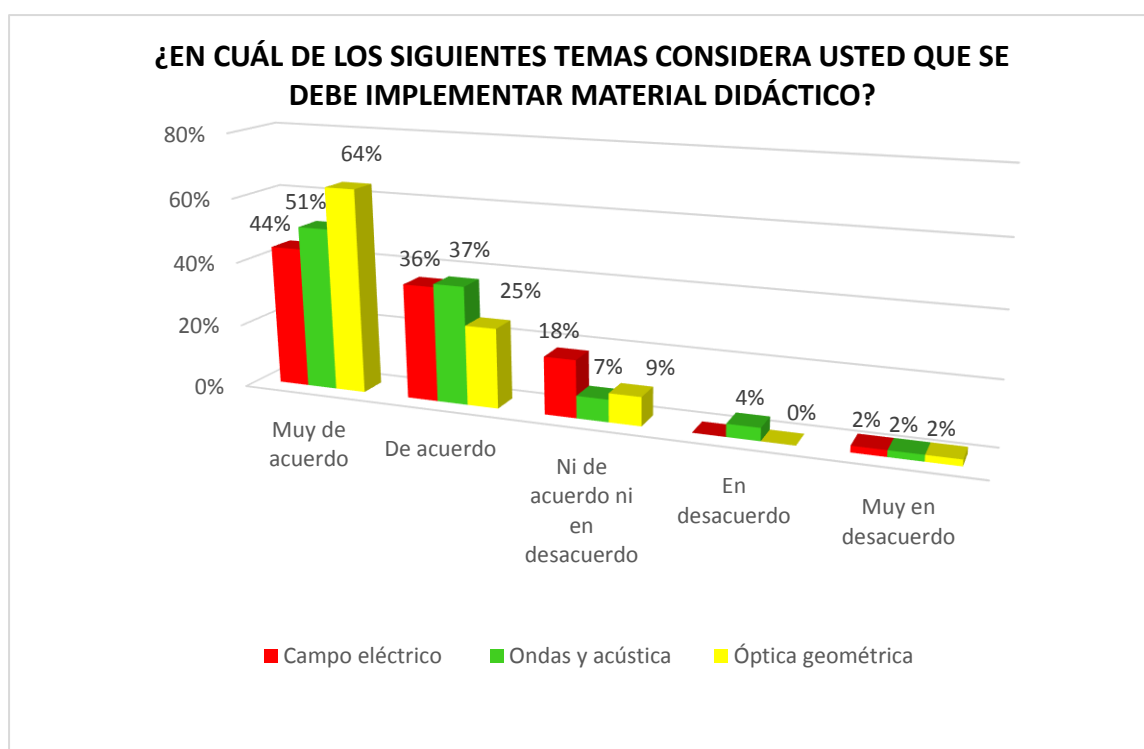


Gráfico 10: Presentación de datos a partir de la tabla 10

Análisis e interpretación

De acuerdo a los datos del gráfico 10, se puede evidenciar que el mayor porcentaje de la población estudiada afirma que se debe implementar material didáctico en los temas de



óptica geométrica, ondas y acústica y campo eléctrico. Con estos datos se evidencia la necesidad de implementar material didáctico en los temas mencionados.

Pregunta 11.

EL USO DE MATERIAL DIDÁCTICO CONVIERTE LA CLASE EN:

Tabla 11

	Nivel							
	1	2	3	4	5	6	7	
Aburrida	3%	2%	3%	5%	10%	26%	51%	Interesante
Insignificante	0%	6%	0%	6%	9%	41%	39%	Significativa
Personal	2%	0%	2%	20%	25%	31%	20%	Colectiva
Tradicional	7%	0%	0%	7%	16%	22%	47%	Constructivista

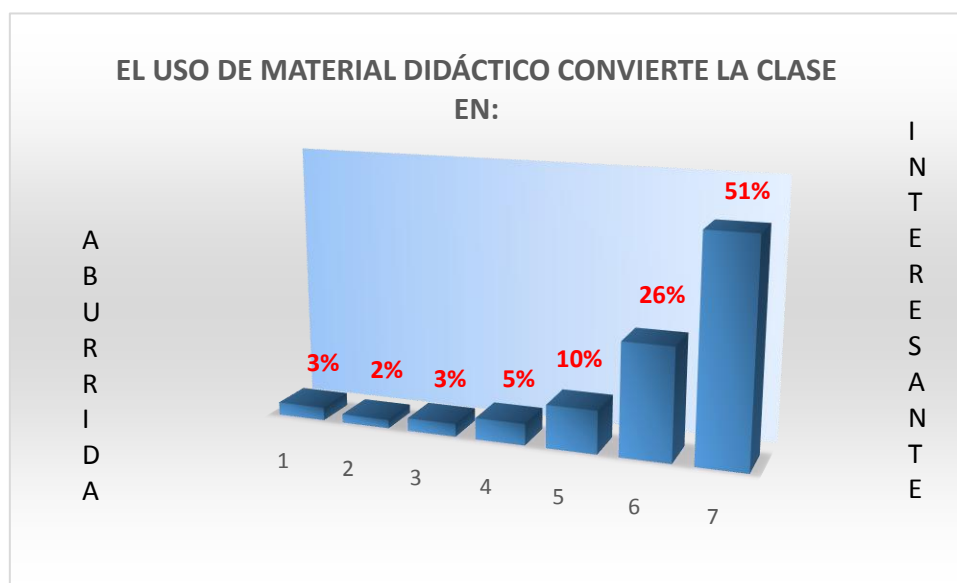


Gráfico 11a: Presentación de datos de la primera fila de la tabla 11

Análisis e interpretación

De acuerdo a la tabla 11a, se puede evidenciar que el 87% de los encuestados están de acuerdo en que el uso de material didáctico puede ayudar a desarrollar una clase interesante, frente a un 8% que afirma lo contrario y un 5% que se mantiene neutral.

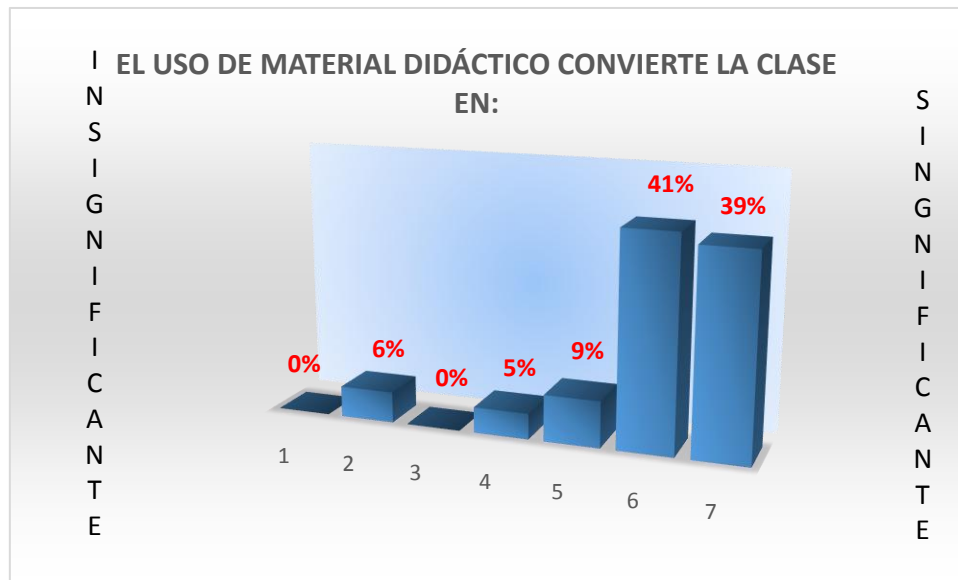


Gráfico 11b: Presentación de datos de la segunda fila de la tabla 11

Análisis e interpretación

De acuerdo a los datos de la tabla 11b, se puede evidenciar que el 89% de los encuestados están de acuerdo en que el uso de material didáctico ayuda a obtener aprendizajes significativos, mientras que el 6% de ellos opina que es menos probable aprender significativamente utilizando material didáctico. Un 5% de los encuestados se mantiene neutral frente a esta pregunta.



Gráfico 11c: Presentación de datos de la tercera fila de la tabla 11

Análisis e interpretación

De acuerdo a los datos de la tabla 11c, se puede evidenciar que el 76% de los encuestados están de acuerdo en que, mediante el uso de material didáctico, se puede aprender de manera colectiva, frente a un 2% que afirma lo contrario. Es interesante notar que un 20% de la población se mantiene neutral ante este cuestionamiento.

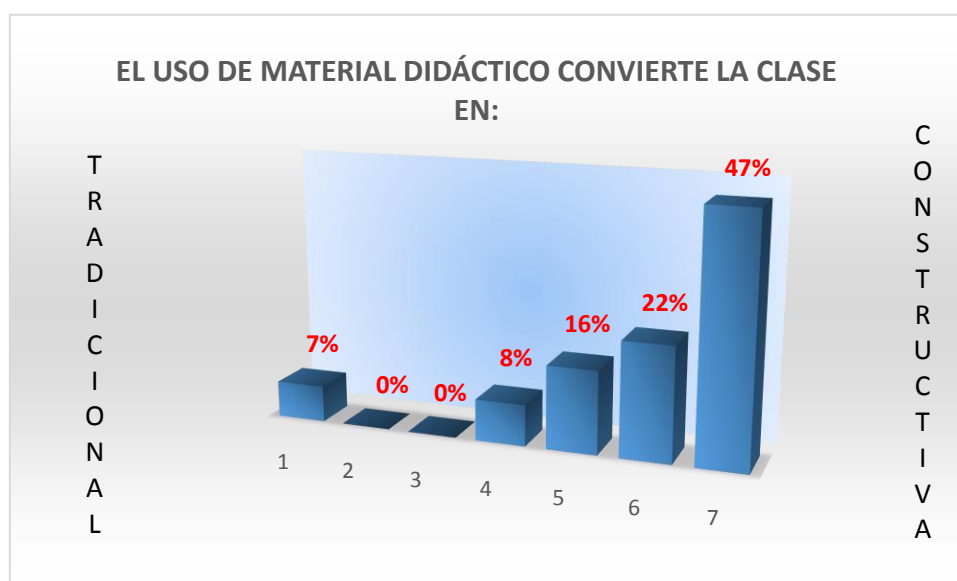


Gráfico 11d: Presentación de datos de la cuarta fila de la tabla 11

Análisis e interpretación

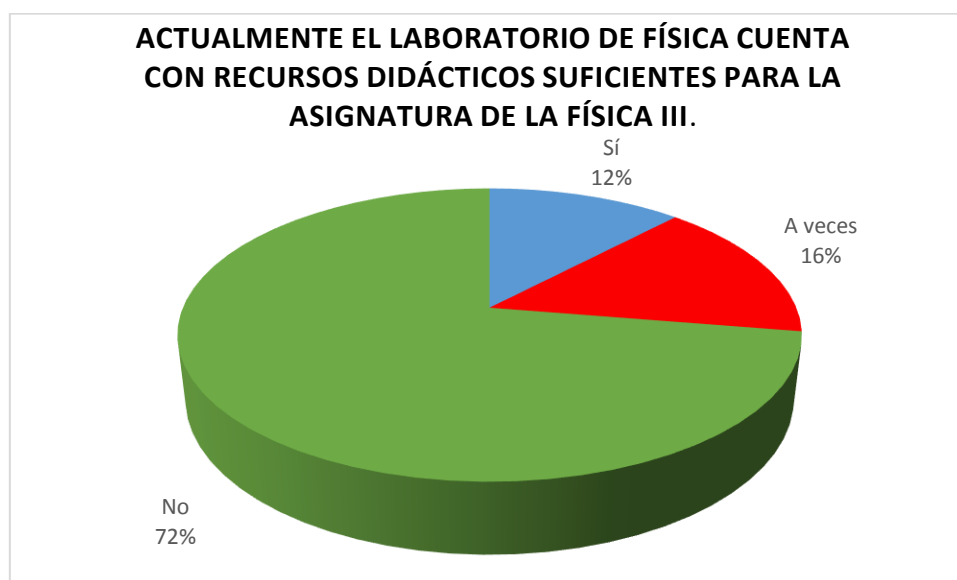
De acuerdo a los datos de la tabla 11d, se puede evidenciar que el 85% de los encuestados están de acuerdo en que el uso de material didáctico convierte a la clase en constructivista. Sin embargo, existe un porcentaje del 7% que opina que el material didáctico convierte a la clase en tradicional. Un 8% de los encuestados se mantiene neutral ante este cuestionamiento.

Pregunta 12.

Actualmente el laboratorio de física cuenta con recursos didácticos suficientes para la asignatura de la física III.

Tabla 12

Categorías	Frecuencia	Porcentaje %
Sí	7	12%
A veces	9	16%
No	42	72%
TOTAL	58	100%

**Gráfico 12: Presentación de datos a partir de la tabla 12****Análisis e interpretación**

De acuerdo al gráfico 12, el 72% de los encuestados afirman que el laboratorio de física no cuenta con recursos didácticos para la enseñanza de la física III. Así pues, se hace necesario una intervención en este tema, con la cual se implementen materiales para el estudio de la materia mencionada.

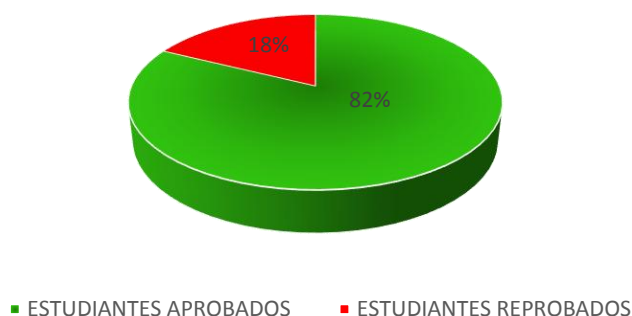
2.5.2 SEGUNDA PARTE: ANÁLISIS DE LA REVISIÓN DOCUMENTAL

El análisis del registro de notas de los periodos: septiembre 2014- febrero 2015, septiembre 2015-febrero 2016 y septiembre 2016- febrero 2017, han lanzado los siguientes resultados.

REGISTRO DE NOTAS DE LOS ESTUDIANTES QUE TOMAN FÍSICA III EN EL PERIODO SEPTIEMBRE 2014-FEBRERO 2015

Estudiantes aprobados	14
Estudiantes reprobados	3
Total	17
Nota máxima	88
Nota mínima	49
Promedio general	72
Desviación estándar	11

ESTUDIANTES APROBADOS Y REPROBADOS EN EL PERIODO SEPT. 2014 - FEB. 2015

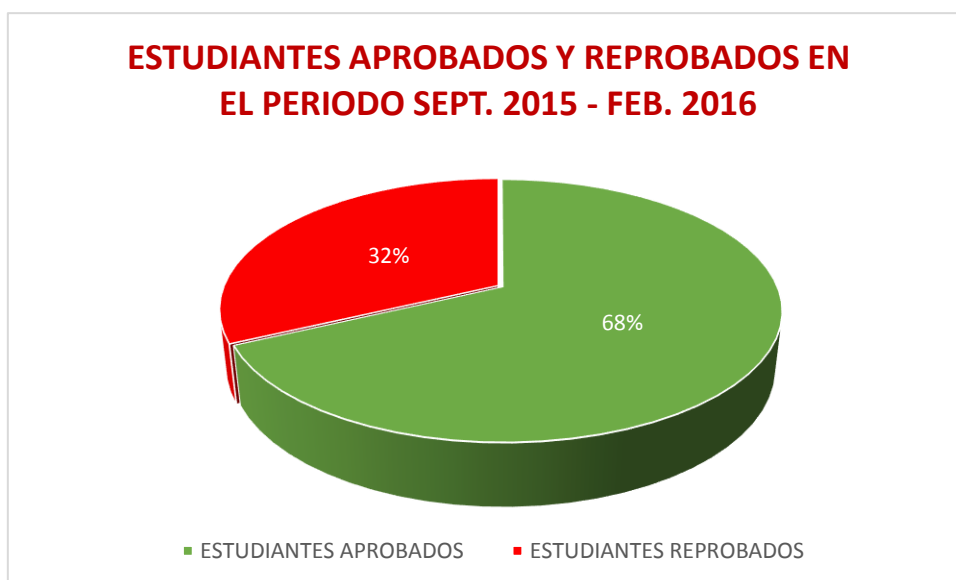


Análisis:

De un total de 17 estudiantes, tres de ellos reprueban. El puntaje máximo obtenido por el grupo es de 88/100 y la nota mínima es de 49/100. El promedio general del curso es de 72,24 con una desviación estándar de 11,29.

**REGISTRO DE NOTAS DE LOS ESTUDIANTES QUE TOMAN FÍSICA
III EN EL PERIODO SEPTIEMBRE 2015-FEBRERO 2016**

Estudiantes aprobados	17
Estudiantes reprobados	8
Total	25
Nota máxima	89
Nota mínima	34
Promedio general	64
Desviación estándar	15

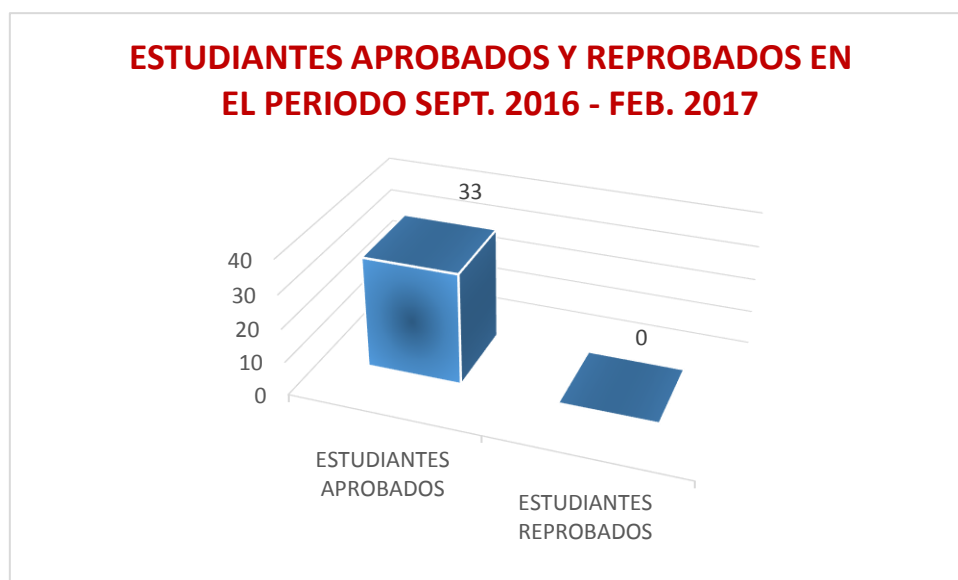


Análisis:

De un total de 25 estudiantes, ocho de ellos reprueban. El puntaje máximo obtenido por el grupo es de 89/100 y la nota mínima es de 34/100. El promedio general del curso es de 63,60 con una desviación estándar de 15,30.

**REGISTRO DE NOTAS DE LOS ESTUDIANTES QUE TOMAN FÍSICA III EN
EL PERIODO SEPTIEMBRE 2016-FEBRERO 2017**

Estudiantes aprobados	33
Estudiantes reprobados	0
Total	33
Nota máxima	92
Nota mínima	64
Promedio general	80
Desviación estándar	8



Análisis:

Los treinta y tres estudiantes aprueban la materia de Física III. El puntaje máximo obtenido por el grupo es de 92/100 y la nota mínima es de 64/100. El promedio general del curso es de 80,33 con una desviación estándar de 8,07.

De acuerdo a los datos de las tablas anteriores, en los tres últimos periodos en los cuales se ha impartido la materia de Física III, se ha obtenido los siguiente:

Nota máxima promedio	90
Nota mínima promedio	49
Calificación Promedio	72

2.6 Conclusiones a partir del análisis de los datos obtenidos

a) Mediante el análisis e interpretación de los datos recogidos por medio de la encuesta se ha logrado constatar lo siguiente:

- La física III es una materia que tiene cierto grado de dificultad para la mayoría de la población estudiada y es debido a que, para su enseñanza, se carece de materiales didácticos en ciertos temas.
- Es necesaria la implementación de material didáctico, con lo cual la población espera mejorar sus niveles de aprendizaje y con ello también su rendimiento académico.
- Los encuestados están de acuerdo con la implementación de maquetas para la enseñanza de la física III. Con ello también se lograría una clase más llamativa, constructivista y participativa.

b) Mediante el análisis de los resultados obtenidos, por medio de la revisión documental, se ha logrado constatar lo siguiente:

- Existen estudiantes que reprueban la asignatura de Física III, debido a que no alcanzan el puntaje mínimo para aprobar dicha materia.
- El promedio general con que los estudiantes aprueban la materia de Física III en los tres últimos periodos es de 72,06.



- El puntaje promedio máximo con el que un estudiante aprueba es 89,67/100 y el puntaje promedio mínimo es 49,00/100.

En vista de las conclusiones anteriores, se procede a desarrollar el presente trabajo de investigación, el cual consta de una serie de propuestas didácticas en base a maquetas, las mismas que serían utilizadas en el estudio de los temas de la física III. Con ello también se pretende implementar el laboratorio de física de la carrera de matemáticas y física de la Universidad de Cuenca y convertirlo en un espacio bien equipado para el estudio de esta ciencia experimental.

CAPÍTULO 3

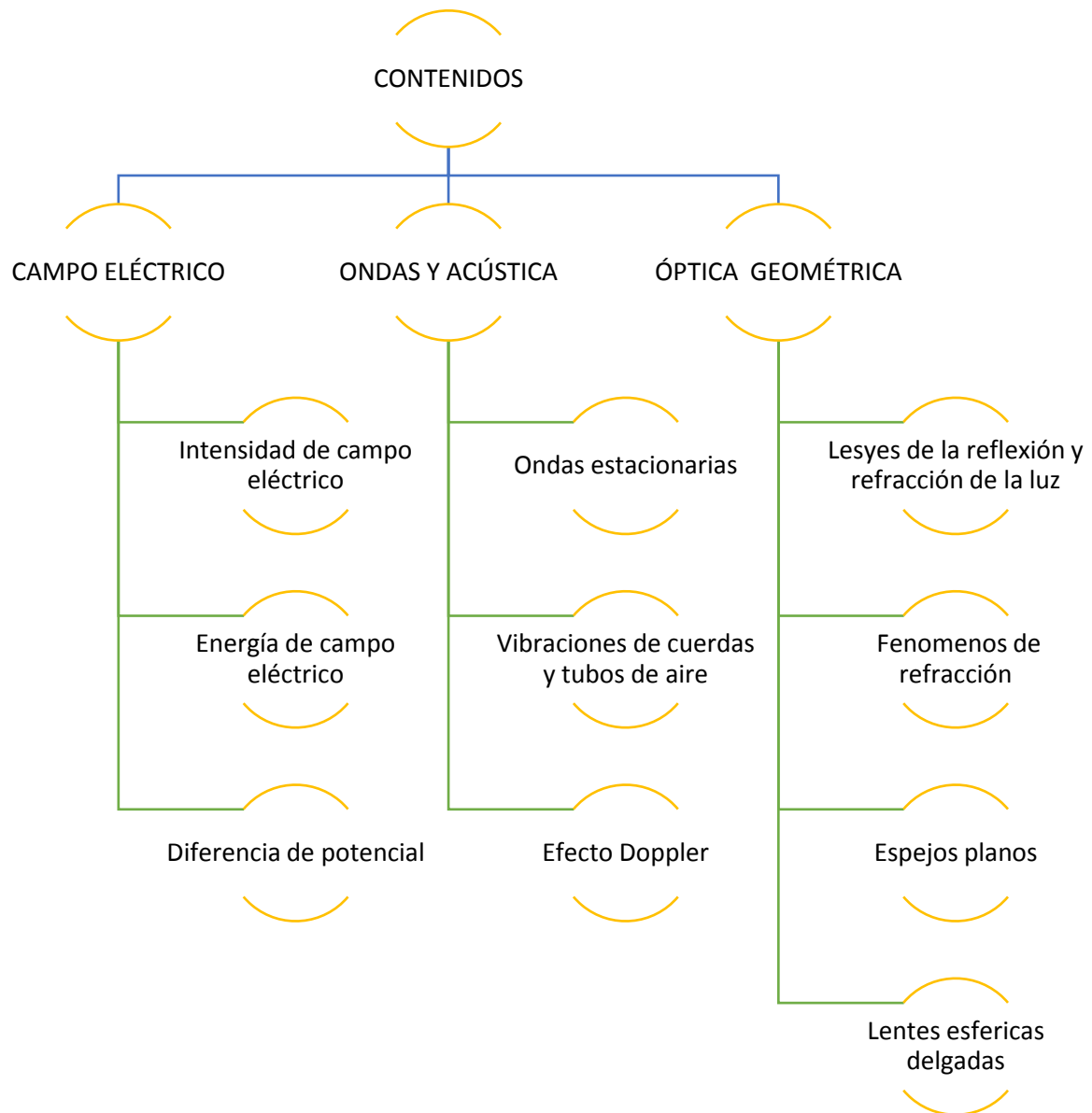
3 PROPUESTA

Estructura de la propuesta

En este capítulo se desarrolla el proyecto titulado: ELABORACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE TEMAS DE FÍSICA III, PARA LA CARRERA DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA; dirigida a los docentes de la asignatura de física III de la carrera, con el fin de facilitar la enseñanza-aprendizaje entre la teoría y la práctica desde una perspectiva constructivista.

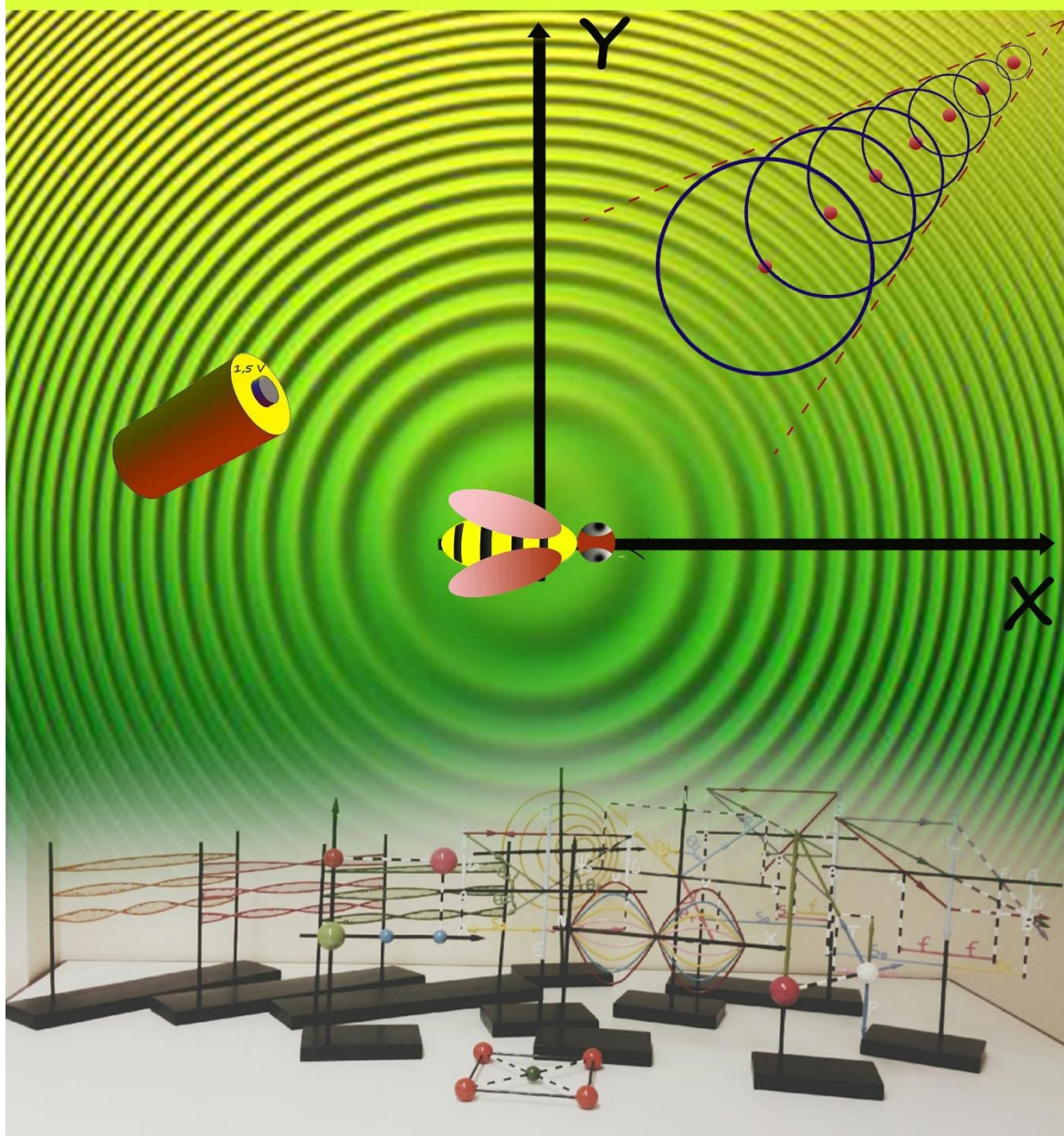
Este trabajo consta de tres unidades de la Física III: Campo eléctrico, Ondas y Acústica y Óptica Geométrica; estos temas fueron elegidos de acuerdo a los resultados obtenidos en el proceso de investigación, además de ello, se pretende implementar el laboratorio de Física de la carrera de Matemáticas y Física.

La estructura de esta propuesta es la siguiente: una primera parte que consta del diseño y elaboración del material didáctico con el objetivo de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje y una segunda parte que es la creación de las guías de uso del material didáctico elaborado en la primera parte, las mismas que inician con el título o tema del material didáctico, descripción de las partes que comprenden el material didáctico, marco teórico, ejercicio modelo y ejercicios propuestos.

Mapa de contenidos de los materiales didácticos incluidos en este trabajo

ELABORACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE TEMAS DE FÍSICA III

$$f_n = n \frac{v}{2L} = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{\gamma RT}{M_{mol}}}$$



3.1 PRÁCTICA N° 1. CAMPO ELÉCTRICO

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO

Energía del Campo eléctrico

TEMAS QUE CUBRE

- Trabajo del campo eléctrico
- Energía de campo eléctrico

DESCRIPCIÓN DE MATERIALES

Elemento	Material	Color	Cantidad	Representa
Esfera	Plástico	Naranja	4	Cargas Q
Esfera	Plástico	Verde	1	Carga q
Varilla	Aluminio galvanizado	Negro	4	Distancias

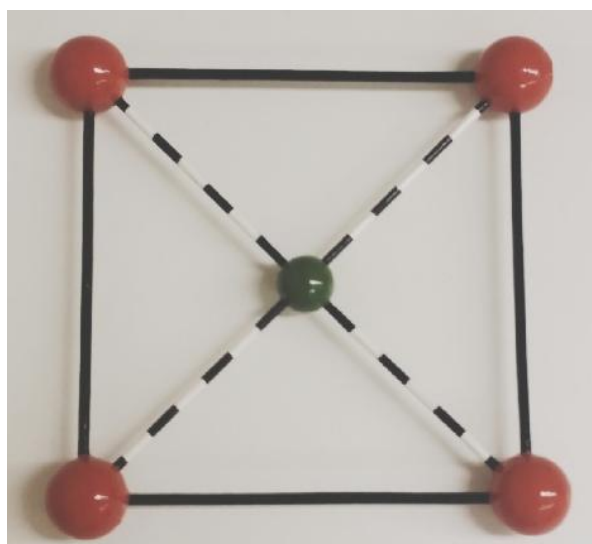


Figura 1.1 Maqueta Campo eléctrico

3.1.1 GUÍA PARA EL DOCENTE

ENERGÍA POTENCIAL DE UNA CARGA DE PRUEBA SITUADA ENTRE CUATRO CARGAS UBICADAS EN LOS VERTICES DE UN CUADRADO.

Objetivo: Determinar la energía potencial que almacena una carga q situada en el cruce de las diagonales de un cuadrado en cuyos vértices se encuentran cuatro cargas Q .

Procedimiento:

- Para hallar la energía potencial de una carga q debemos saber cuántas cargas la rodean y como están ubicadas, en el caso de esta maqueta, podemos observar que son cuatro y están en los extremos de las diagonales. Observe la figura 1.1.
- La distancia r_i desde la carga Q hasta la carga puntual q esta dada por la expresión:

$$r_i = \frac{l\sqrt{2}}{2}$$

Siendo l la longitud del lado del cuadrado.

- Haciendo uso de la ecuación de la energía potencial se tiene que:

$$E_{PE} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{2Q}{l\sqrt{2}} + \frac{2Q}{l\sqrt{2}} + \frac{2Q}{l\sqrt{2}} + \frac{2Q}{l\sqrt{2}} \right)$$

- Finalmente, desarrollando se obtiene la energía potencial para el caso de la maqueta:

$$E_{PE} = \frac{qQ\sqrt{2}}{\pi\epsilon_0 l}$$

TEN EN CUENTA QUE:

La distancia más corta entre dos puntos es la recta que los une.

3.1.2 MARCO TEÓRICO

ENERGÍA DEL CAMPO ELÉCTRICO

El **trabajo** dentro de la física, es un término que se utiliza para definir la cantidad de energía de un cuerpo debido a su movimiento causado por una fuerza, así pues:

$$\text{Trabajo} = \text{Fuerza} * \text{distancia} \rightarrow W = Fd \cos \theta$$

Dentro de un campo conservativo, el trabajo **W** que realiza una fuerza **F** sólo depende de las posiciones inicial y final del objeto sobre el cual se realiza el trabajo.

Observe la figura 1.2, la cual representa el movimiento de una partícula dentro de un campo conservativo desde posición inicial **A** a la posición final **B**. Las trayectorias descritas por la partícula debido a una fuerza externa, definen el mismo trabajo **W**, el cual puede ser definido por una integral de línea.

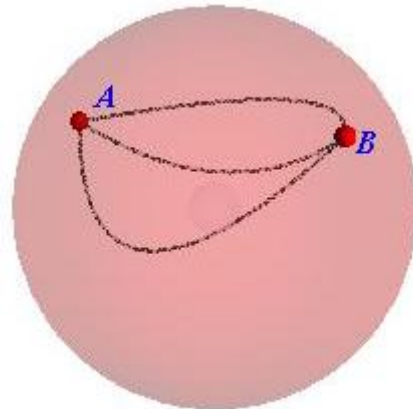


Figura 1.2 Campo conservativo

El campo eléctrico es conservativo, por lo que:

$$W_{A \rightarrow B} = \int_A^B F(x) dx \quad (1.1)$$

Siendo: **W**: Trabajo realizado sobre la partícula.

A: La posición inicial de la partícula

B: La posición final de la partícula.

F(x): La fuerza que se aplica sobre la partícula.

Dentro de cualquier campo conservativo, el trabajo también puede ser definido como el cambio de la energía potencial de la partícula al moverse desde **A** hasta **B**. Para el caso del campo eléctrico, el trabajo realizado por la fuerza eléctrica del campo sobre una partícula cargada, es igual al cambio de la energía potencial eléctrica que tiene la carga en el punto **A** menos la energía potencial eléctrica que tiene la carga en el punto **B**.

$$W_{A \rightarrow B} = E_{PEA} - E_{PEB} = -\Delta E_{PE} \quad (1.2)$$

En forma recíproca, **la energía potencial eléctrica** de un campo conservativo se define como el trabajo que debe realizar el campo para desplazar una carga **q** desde una posición cualesquiera hasta un punto de referencia.

La energía potencial eléctrica **E_{PE}** de una carga **q** con respecto a otra carga **Q** a **r** unidades de distancia de la misma, está dada por la expresión:

$$E_{PE} = \frac{Qq}{4\pi\epsilon r} \quad (1.3)$$

y se la mide en Julios.

Para el caso de un campo generado por un sistema de cargas puntuales $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$, la energía potencial que almacena la carga **q**, al situarse en su campo es:

$$E_{PE} = \sum E_{PEi} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \sum \frac{Q_i}{r_i} \quad (1.4)$$

3.1.3 EJERCICIO MODELO

Una carga puntual $q_1 = 2,4 \mu\text{C}$ está situada en el origen. Por otro lado, $q_2 = -4,3 \mu\text{C}$ se mueve de $(0,15; 0; 0)$ a $(0,25; 0,25; 0)$ ¿Cuánto trabajo realiza la fuerza eléctrica sobre q_2 ?

SOLUCIÓN:

En la figura 1.3 tenemos un dibujo en dos dimensiones del problema.

Debido a que se trata de un campo conservativo, podemos determinar el trabajo haciendo uso de (1.2) que determina al trabajo como la variación de las energías potenciales entre los puntos inicial y final. Iniciamos haciendo uso de (1.3) para determinar E_{PE} .

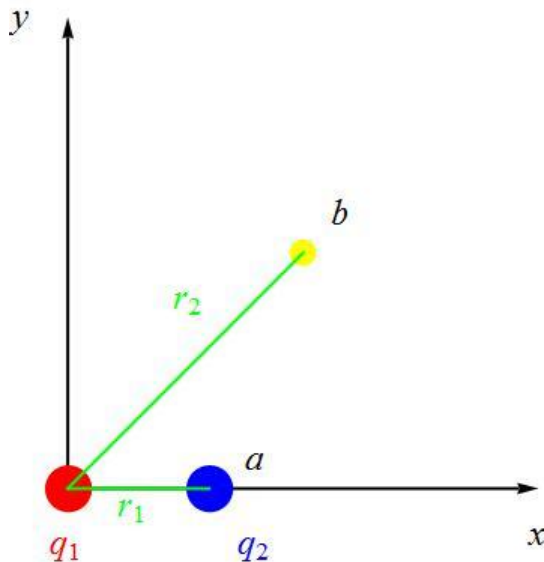


Figura 1.3 Ejercicio modelo

Determinamos las distancias:

$$r_1 = \sqrt{0,15^2 + 0^2 + 0^2} = 0,15$$

$$r_2 = \sqrt{0,15^2 + 0,25^2 + 0^2} = 0,354$$

Luego:

$$E_{PE} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon r}$$

$$E_{PEa} = \frac{(2,4E-6)(-4,3E-6)}{4\pi(8,85E-12)(0,15)} = -0,618$$

$$E_{PEb} = \frac{(2,4E-6)(-4,3E-6)}{4\pi(8,85E-12)(0,354)} = -0,262$$

Ahora se utilizará (1.2) para determinar el trabajo.

$$W_{a \rightarrow b} = E_{PEa} - E_{PEb}$$

$$W_{a \rightarrow b} = -0,618 - (-0,262)$$

$$W_{a \rightarrow b} = -0,356 \text{ J}$$

3.1.4 ACTIVIDADES PROPUESTAS:**a. Complete con las palabras del recuadro:**

Energía

Signos

Mide

Cargas

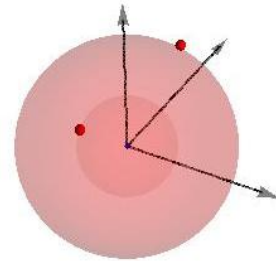
Medioambiente

Julios

Lapotencial depende del, de los de lasy se en

b. Analice y responda:

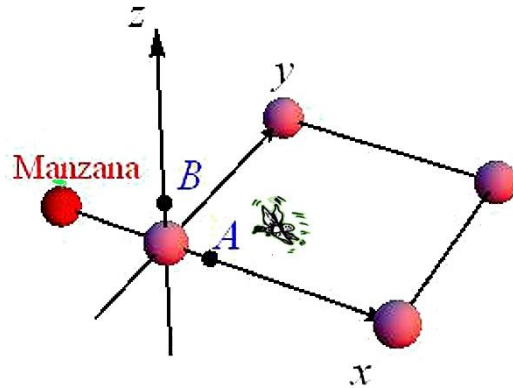
- La energía potencial de una carga q a r metros de un campo eléctrico Q es E_{PE} . Si la carga q se mueve a una distancia $2r$ ¿Cuál es el nuevo valor de la energía potencial eléctrica? ¿Cuál es su nuevo valor cuando r vale un tercio de su valor original?
- La energía potencial de una carga q a r metros de un campo eléctrico Q es E_{PE} . ¿Qué pasa con E_{PE} conforme r tome valores muy cercanos a cero, es decir cuando q se acerca Q ? ¿Qué sucedería si $r = 0$? ¿Cómo interpretaría este hecho?
- La energía potencial de una carga q a r metros de un campo eléctrico Q es E_{PE} . ¿Qué pasa con E_{PE} conforme r toma valores muy lejanos a cero, es decir cuando q se aleja Q ? ¿Qué sucedería si $r \rightarrow \infty$? ¿Cómo interpretaría este hecho?



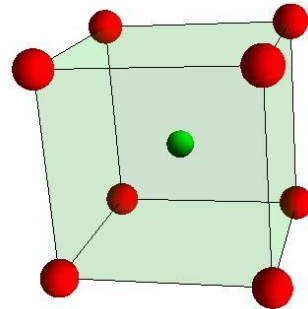
c. Resuelva los siguientes ejercicios:

1. Una mosca de la fruta, se acerca a la maqueta construida. Suponga que la mosca ha adquirido una carga neta de $q = -0,8 \mu C$. Ahora suponga que la mosca se posa en el eje x a $0,148 \text{ cm}$ de la carga $Q = 1,8 \mu C$, en el punto A. Luego vuela y se posa en el eje z a $0,148 \text{ cm}$ de la misma carga Q en el punto B.

B. ¿En qué punto, la mosca tiene mayor energía potencial eléctrica? ¿Cuál es el trabajo que la mosca debe realizar si desea volar desde B hasta la manzana ubicada en $(-0,5; 0; 0) \text{ cm}$?



2. Se tienen ocho cargas idénticas, $Q = 50 \mu C$ en los vértices de un cubo de 10 m de arista. Halle la energía potencial eléctrica almacenada en la carga $q = 40 \text{ nC}$ situado en el centro de masa del cubo.

**Actividad extra:**

Grafique las coordenadas de cada una de las cargas del ejercicio 2 en un sistema tridimensional. Utilice el sistema de coordenadas acorde a la ley de la mano derecha. ¿Cuál es el trabajo realizado por el campo eléctrico al mover la carga q hasta una de sus aristas? ¿Cuál es el trabajo al mover la carga q hasta el centro de una de sus caras?

3.2 PRÁCTICA N° 2. POTENCIAL DE UN SISTEMA DE CARGAS PUNTUALES

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO

Potencial de un sistema de cargas puntuales

TEMAS QUE CUBRE

- Energía del campo eléctrico
- Potencial del campo eléctrico
- Diferencia de potencial eléctrico

DESCRIPCIÓN

Elemento	Material	Color	Cantidad	Representa
Esfera	Plástico	Naranja	1	Cargas Q^-
Esfera	Plástico	Verde/Rosada	2	Carga Q^+
Esfera	Plástico	Azul	2	Puntos C y D
Ejes	Aluminio galvanizado	Negro	2	Eje X, Y
Base	Madera	Negro	1	Soporte

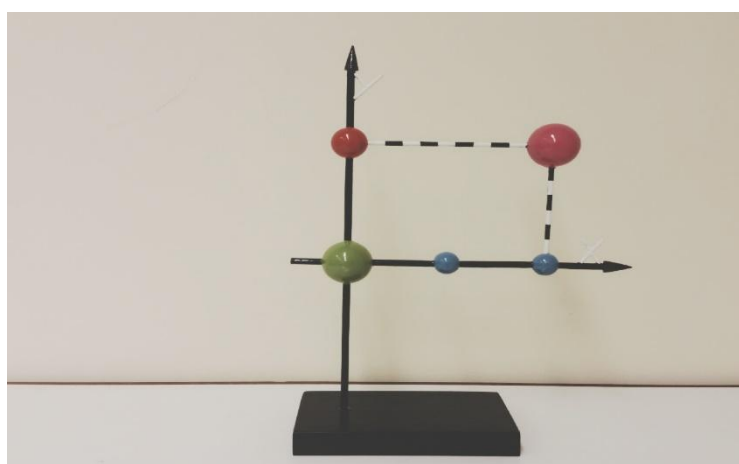


Figura 2.1 Maqueta potencial de un sistema de cargas puntuales

3.2.1 GUÍA PARA EL DOCENTE

DIFERENCIA DE POTENCIAL

Objetivo: Hallar el voltaje V_{cd} entre los puntos c y d en un sistema de cargas puntuales dentro de agua.

Procedimiento:

- a. Sabemos que en un campo es producido por un sistema de cargas Q_i , el voltaje entre B y A se define mediante :

$$V_{BA} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \sum \left(\frac{Q_i}{r_{Bi}} - \frac{Q_i}{r_{Ai}} \right)$$

- b. Ahora bien, el material didáctico está diseñado para explicar el ejercicio modelo 1.1.8.2 del libro guía que esta enunciado de la siguiente forma: Halle el voltaje V_{CD} ente los puntos **c** y **d** de la figura. Considere que el medio ambiente es agua y que las cargas son puntuales.

Solución: En la figura 2.2 se puede observar una representación del ejercicio. Primeramente, comenzamos por determinar las distancias entre las cargas Q_i y los puntos **c** y **d** para luego utilizar la ecuación:

$$V_{BA} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \sum \left(\frac{Q_i}{r_{Bi}} - \frac{Q_i}{r_{Ai}} \right)$$

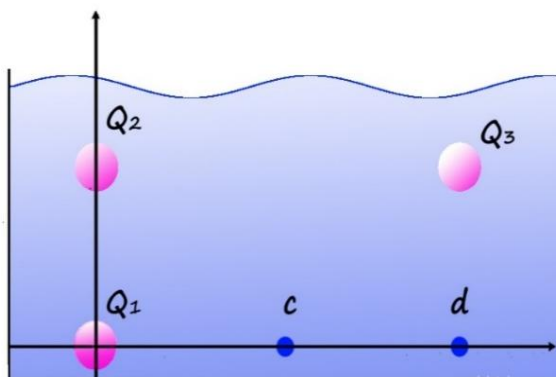


Figura 2.2 Ejercicio modelo 1.1.8.2

Las r_i son:

$$r_{c1} = 5$$

$$r_{c2} = \sqrt{50}$$

$$r_{c3} = \sqrt{50}$$

$$r_{d1} = 10$$

$$r_{d2} = \sqrt{125}$$

$$r_{d3} = 5$$

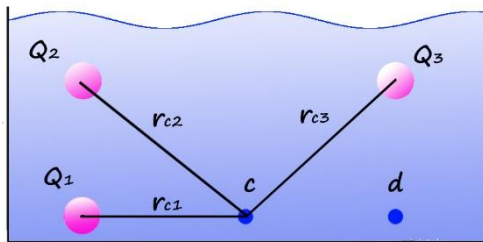


Figura 2.3

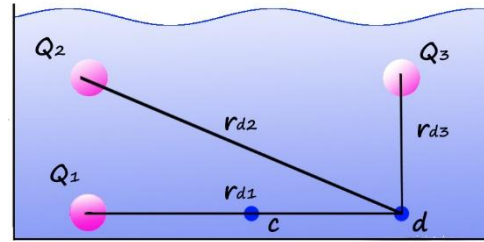


Figura 2.4

La permitividad eléctrica que utilizaremos es igual al producto de la permitividad relativa en agua y la permitividad relativa en vacío.

$$\epsilon_{agua} = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 = 78 \cdot 8,85E - 12 = 6,9E - 10 \text{ F/m}$$

Finalmente, después reemplazar los datos en la función de voltaje se obtiene que:

$$V_{cd} = -139,620 \text{ V}$$

El signo negativo indica que el punto **c** se encuentra a menor potencial que el punto referencial **d**. Eso significa que la carga puede fluir desde **d** hasta **c**. observe la figura 2.5.

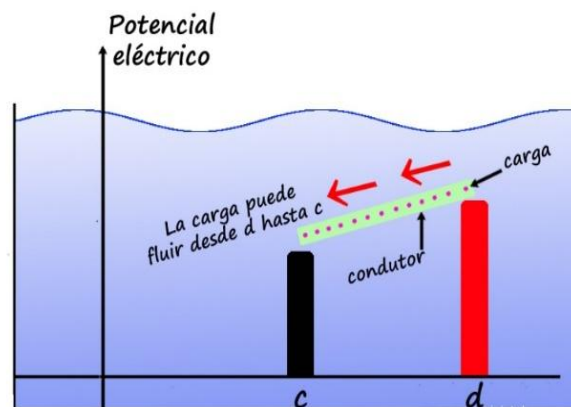


Figura 2.5

3.2.2 MARCO TEÓRICO

DIFERENCIA DE POTENCIAL

La diferencia de potencial eléctrico es un concepto que puede obtenerse al conocer el potencial eléctrico de dos puntos **A** y **B**, y se lo define como la razón de la diferencia entre el potencial eléctrico del punto **B** menos el potencial eléctrico en el punto **A** y la carga de prueba **q**

$$V_{BA} = \frac{E_{PEB} - E_{PEA}}{q} \quad (2.1)$$

Si el campo es producido por una carga puntual, entonces:

$$V_{BA} = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right) \quad (2.2)$$

Si el campo es producido por un sistema de cargas puntuales, entonces:

$$V_{BA} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \sum \left(\frac{Q_i}{r_{Bi}} - \frac{Q_i}{r_{Ai}} \right) \quad (2.3)$$

En todas las expresiones para la diferencia de potencial, las cargas conservarán sus respectivos signos. La diferencia de potencial eléctrico puede ser positivo nulo o negativo.

Se puede hacer una analogía entre la fluidez de la carga a través de un conductor debido a la diferencia de potencial y el movimiento de pequeñas esferas dentro de un tubo debido a la diferencia de la altura entre sus extremos. Cuando los extremos del tubo están a la misma altura, las esferas en su interior permanecen inmóviles. No así cuando el tubo está con uno de sus lados a distinta altura que la otra. A mayor altura, mayor energía potencial. Así que las esferas ruedan desde la parte que tiene mayor energía potencial hasta la de menor, al igual que la carga fluye desde el extremo que presenta mayor voltaje. A este punto se le suele llamar “terminal positivo”

Una diferencia de potencial nula significa que los dos puntos se encuentran al mismo potencial eléctrico y ello implica que no puede fluir carga desde el un punto hasta el otro. Observe la figura 2.6.

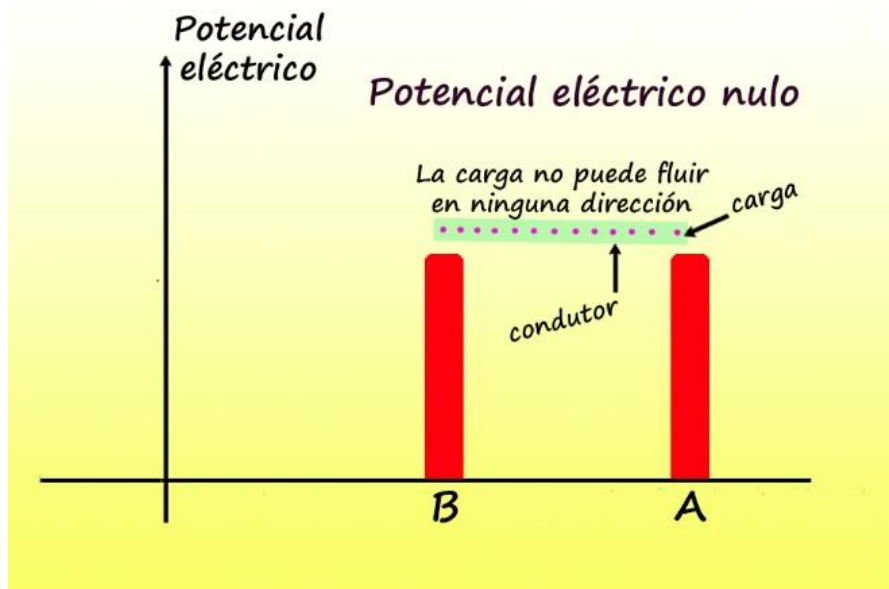


Figura 2.6

Una diferencia de potencial diferente de cero significa que los dos puntos se encuentran a distintas “alturas” de voltaje, por ello se puede hacer fluir carga desde un punto –el de mayor potencial- hasta el otro punto. Observe la figura 2.7.

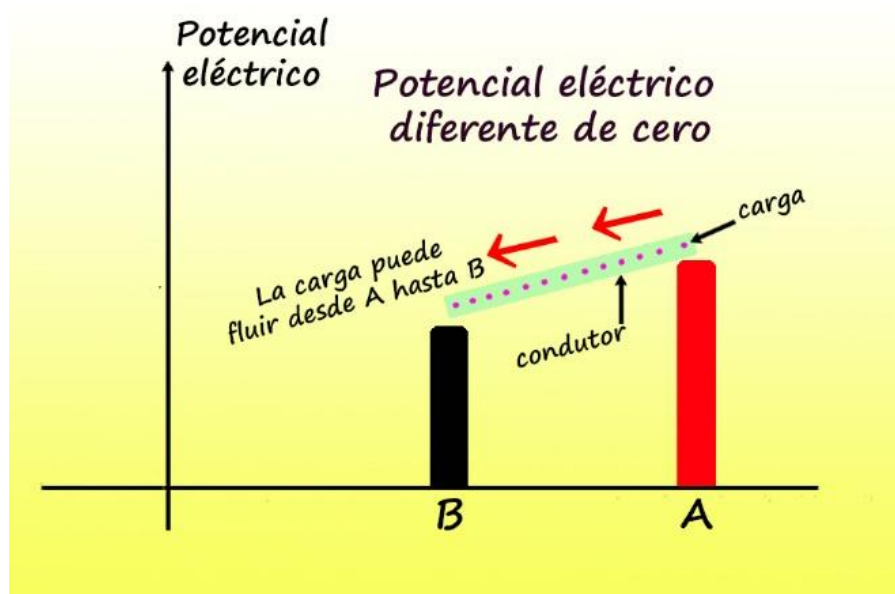
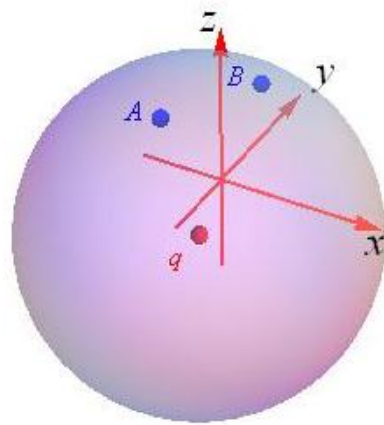


Figura 2.7

3.2.3 EJERCICIO MODELO

Se tiene una carga puntual $q = -40 \mu C$ en $(7; -25)$, en el vacío. Halle la diferencia de potencial V_{BA} entre $B(4; 16; 24)$ y $A(-12; 12; 24)$.



SOLUCIÓN:

A partir de la diferencia de potencial producida por una carga puntual, podemos utilizar la ecuación (4). Para ello debemos determinar r_A y r_B .

$$r_A = \sqrt{(-12 - 7)^2 + (12 + 25)^2 + (24 - 0)^2} = \sqrt{(-19)^2 + (37)^2 + (24)^2}$$

$$r_A = \sqrt{2306}$$

$$r_B = \sqrt{(4 - 7)^2 + (16 + 25)^2 + (24 - 0)^2} = \sqrt{(-3)^2 + (41)^2 + (24)^2}$$

$$r_B = \sqrt{2266}$$

Luego reemplazando valores en (2) y operando tenemos:

$$V_{BA} = \frac{-40E - 6}{4 \cdot \pi \cdot 8.85E - 12} \left(\frac{1}{\sqrt{2266}} - \frac{1}{\sqrt{2306}} \right)$$

$$V_{BA} = -65,818 V$$

¿SABÍAS QUE?

Si el medio ambiente es el vacío

$$\epsilon_0 = 8.85E - 12 \text{ F/m}$$

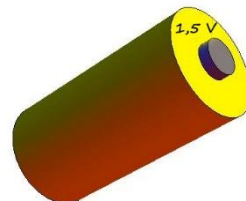
3.2.4 ACTIVIDADES PROPUESTAS

a. Complete:

A la diferencia de potencial eléctrico se le suele llamar también y se lo mide en Una diferencia de potencial no nula puede ser utilizada para mover carga a través de un....., la misma que siempre fluye desde el terminal de potencial hasta el punto de potencial.

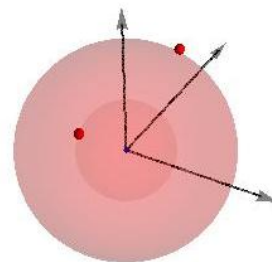
b. Analice y responda:

- Las pilas eléctricas pueden hacer fluir carga dentro de un circuito eléctrico debido a la diferencia de potencial que poseen entre sus terminales. Cuando una pila se agota ¿Cuál es la diferencia de potencial entre sus terminales?
¡Ten cuidado con la respuesta!



c. Resuelva los siguientes ejercicios:

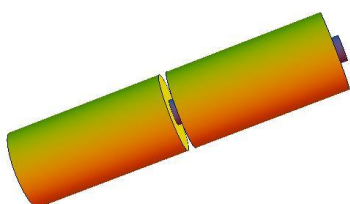
- Determine el voltaje V_{BA} de un sistema de cargas idénticas $Q = 765\mu C$ ubicadas en los puntos $(2; 3; 4)$, $(5; -3; -4)$, $(-3; -7; -4)$ y los puntos $A(0; 0; 0)$ y $B(7; 7; 7)$



- Se tienen dos baterías AAA, de 1.5 V, que son las que se utilizan en las calculadoras y otros dispositivos electrónicos. ¿Cuál es la diferencia de potencial en sus extremos en los siguientes casos?

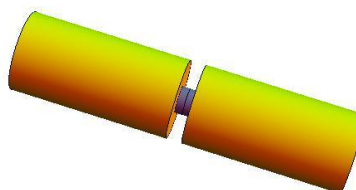
Caso 1

El positivo de la primera se une al negativo de la segunda



Caso 2

El positivo de la primera se une al positivo de la segunda



3.3 PRÁCTICA N° 3. INTERACCIÓN ELECTROSTÁTICA

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO
Interacción electrostática

TEMAS QUE CUBRE
<ul style="list-style-type: none"> Ley de Coulomb Fuerza de repulsión entre dos cargas.

DESCRIPCIÓN				
Elemento	Material	Color	Cantidad	Representa
Esfera	Plástico	Rosada	1	Carga Q^+
Esfera	Plástico	Blanco	1	Carga q^+
Varilla	Aluminio galvanizado	Verde	2	Péndulo
Varilla	Aluminio galvanizado	Varios	6	Fuerzas
Base	Madera	Negro	1	Soporte

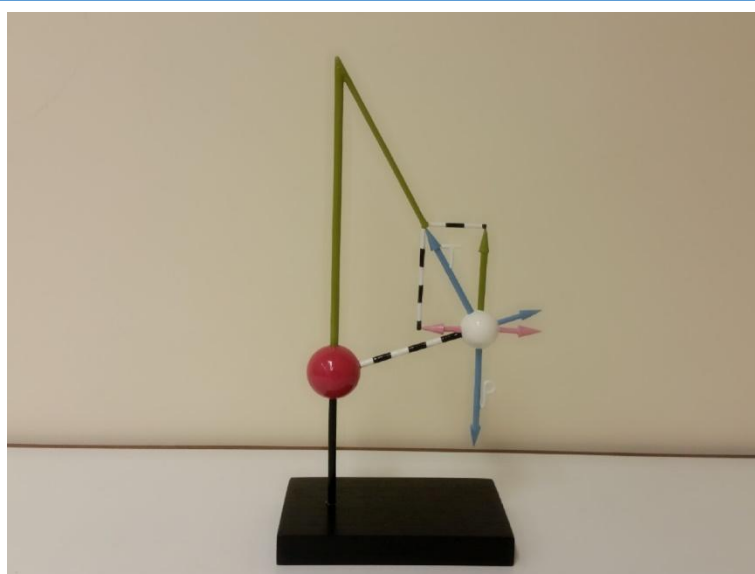


Figura 3.1 Maqueta interacción electrostática

3.3.1 GUÍA PARA EL DOCENTE

INTERACCIÓN ELECTROSTÁTICA

Objetivo: Hallar la masa de una bolita cargada, utilizando los conceptos de la electrostática.

Procedimiento:

- Esta maqueta está diseñada para que se muestre a los estudiantes un modelo idealizado de interacción electrostática.
- El sistema muestra una carga Q_1 , la bolita de masa m y carga Q_2 , un hilo ligero que sostiene a la bolita y un ángulo entre Q_1 y Q_2 .
- Ahora bien, el material didáctico está diseñado para explicar el ejercicio 3 de la sección retroalimentación del aprendizaje, del libro guía (Pág. 58), en el cual se pide determinar la masa de la bolita con carga Q_2 , considerando que el medio ambiente es el vacío.

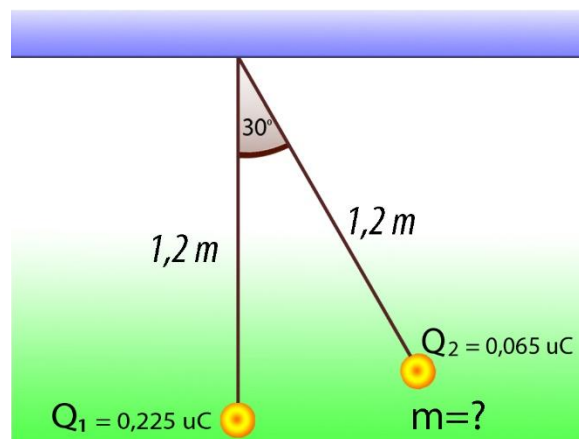


Figura 3.2 Ejercicio planteado

Solución:

- Se procederá a determinar la masa m de la bolita haciendo uso, primeramente, de la ley de los cosenos para encontrar la distancia entre Q_1 y Q_2 , luego se utilizará la Ley de Coulomb para determinar la fuerza de interacción entre las cargas, finalmente haciendo uso de las condiciones para el equilibrio de un cuerpo, se determinará la masa de la bolita.

- e. Sabemos que la Ley de los Cosenos es aplicable en el caso de tener las medidas de los dos lados y el ángulo comprendido entre esos lados de un triángulo. La expresión que la define es:

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos c$$

- f. Sabemos que la Ley de Coulomb determina que la relación entre la fuerza que se ejercen dos cargas y la distancia que las separa está dada por:

$$F = \frac{Qq}{4\pi\epsilon r^2}$$

- g. Así también, la condición para que un cuerpo esté en equilibrio está dado por:

$$\sum F_x = 0 ; \sum F_y = 0 ; \sum F_z = 0$$

Proceso: En la figura 3.3 se puede observar un diagrama del ejercicio planteado, en donde: F_1 es la fuerzas de repulsión que las cargas ejercen entre sí; F_2 es la fuerza que actúa sobre la cuerda que sostiene a la bolita; r es la distancia entre Q_1 y Q_2 ; a su vez, mg representa el peso de la bolita.

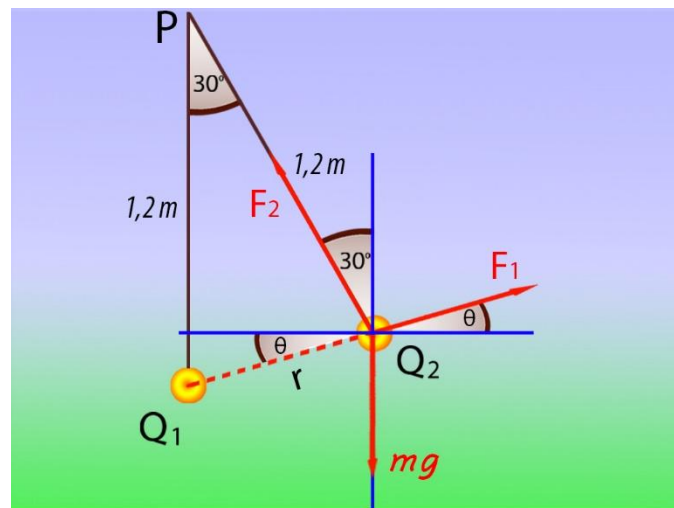


Figura 3.3 Diagrama del ejercicio presentado

En el triángulo PQ_1Q_2 , se va a determinar r haciendo uso de la ley de los cosenos:

$$r^2 = 1,2^2 + 1,2^2 - 2(1,2)(1,2) \cos 30^\circ$$

$$r^2 = (2)1,2^2 - (2)1,2^2 \cos 30^\circ$$

$$r^2 = (2)1,2^2(1 - \cos 30^\circ)$$

$$r = 1,2 \sqrt{2(1 - \cos 30^\circ)}$$

$$r = 1,2 \sqrt{2 - \sqrt{3}}$$

$$r = 0,621 \text{ m}$$

Ahora utilizando la ley de Coulomb se va a determinar el valor de F_1

$$F_1 = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2}$$

$$F_1 = \frac{(0,225E - 6)(0,065E - 6)}{4\pi(8,85E - 12)(0,621)^2}$$

$$F_1 = 3,410E - 4 \text{ N}$$

Ahora para determinar el peso de la bola, consideramos que está en reposo, por lo tanto:

$$\sum F_x = 0 ; \sum F_y = 0$$

Sin embargo, para realizar este proceso, necesitamos conocer el valor de los ángulos entre las fuerzas y el eje de las abscisas. Utilizando nuevamente la ley de los cosenos, determinamos el ángulo $Q_1\widehat{Q_2}P$

$$1,2^2 = 1,2^2 + 0,621^2 - 2(1,2)(0,621) \cos \widehat{Q_2}$$

$$\widehat{Q_2} = \cos^{-1} \frac{1,2^2 - 1,2^2 - 0,621^2}{-2(1,2)(0,621)} = 75^\circ$$

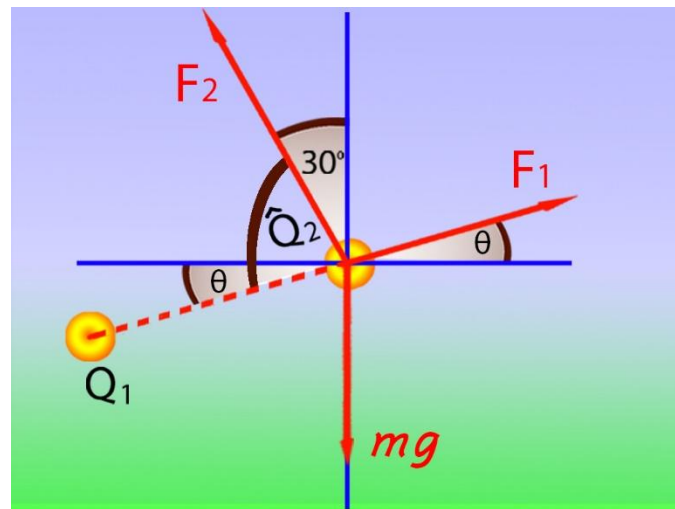


Figura 3.4 Diagrama de fuerzas del ejercicio planteado

Como $\widehat{Q_2} = 75^\circ = 60^\circ + \theta$, entonces: $\theta = 15^\circ$

Ahora bien, a partir de las condiciones de equilibrio tenemos:

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_1 \cos \theta - F_2 \cos 60^\circ = 0$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_1 \sin \theta + F_2 \sin 60^\circ - mg = 0$$

De donde:

$$\begin{cases} (3,410E - 4) \cos 15 - F_2 \cos 60^\circ = 0 \\ (3,410E - 4) \sin 15 + F_2 \sin 60^\circ - mg = 0 \end{cases}$$

Al resolver el sistema anterior, se obtiene:

$$F_2 = 6,588 \text{ N}$$

$$mg = 6,588 \text{ N}$$

Por lo tanto, el peso de la bola es de 6,588 N

3.3.2 MARCO TEÓRICO

INTERACCIÓN ELECTROSTÁTICA

La fuerza eléctrica, al igual que la gravitacional, disminuye inversamente respecto al cuadrado de la distancia entre los cuerpos que interactúan. Esta relación fue descubierta y estudiada por Charles Coulomb durante el siglo XVIII.

La **Ley de Coulomb** es una relación entre la fuerza eléctrica, las cargas y la distancia.

La fuerza eléctrica entre dos cargas varía en función directa al producto de las cargas Q_i y en función inversa al cuadrado de la distancia r entre ellas. El cociente $\frac{1}{4\pi\epsilon}$ es la constante de proporcionalidad k , y puede ser reemplazado por el valor $9E9 \frac{Nm^2}{C^2}$ si se considera que el medio ambiente es el vacío. Así pues, la Ley de Coulomb está dada por:

$$F = \frac{Qq}{4\pi\epsilon r^2} \vec{u}_r \quad (3.1)$$

Cuando se trabaja con la Ley de Coulomb, todas las cargas conservan su signo. Si las cargas tienen signo igual, la fuerza es de repulsión; si las cargas tienen signo distinto, la fuerza es de atracción.

Cuando se tiene un sistema de cargas puntuales Q_i , la fuerza eléctrica total que experimenta una carga q situada en sus inmediaciones es igual a la suma de todas las fuerza que actúan con ella.

$$F_q = \sum \frac{Q_i q}{4\pi\epsilon r_i^2} \vec{u}_{r_i} \quad (3.2)$$

3.3.3 EJERCICIO MODELO

Dos electrones están en el vacío. ¿Cuál es la distancia necesaria para que la fuerza de repulsión entre ellos sea de $1N$?

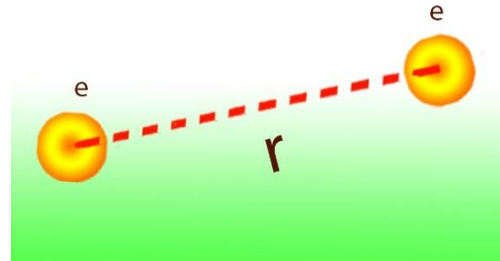


Figura 3.5 Ejercicio modelo

SOLUCIÓN:

A partir de la Ley de Coulomb, se puede definir la distancia necesaria para que los dos electrones tengan una fuerza de repulsión igual a $1N$. Utilizando (3.1) y recordando que la carga del electrón es $-1,602E - 19 C$ tenemos:

$$F = \frac{Qq}{4\pi\epsilon r^2} \vec{u}_r$$

$$1 = \frac{(-1,602E - 19)(-1,602E - 19)}{4\pi(8,85E - 12)r^2} \quad (1)$$

De donde:

$$r = \sqrt{\frac{(1,602E - 19)^2}{4\pi(8,85E - 12)}} = 1,519E - 14 \text{ m}$$

3.3.4 ACTIVIDADES PROPUESTAS

a. Complete:

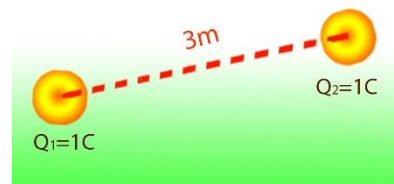
La **Ley de Coulomb** es una relación entre,y

La fuerza eléctrica entre dos cargas varía en función al producto de las cargas Q_i y en función al cuadrado de la r entre ellas. El cociente $\frac{1}{4\pi\epsilon}$ es la constante de proporcionalidad k , y puede ser reemplazado por el valor $\frac{Nm^2}{C^2}$ si se considera que el medio ambiente es el vacío. La Ley de Coulomb está dada por la expresión:

.....

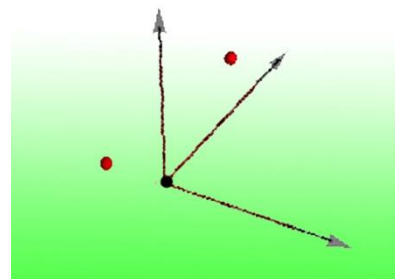
b. Analice y responda:

Utilizando la Ley de Coulomb se puede determinar la fuerza eléctrica entre dos cargas. Considere que tiene dos cargas de $1C$ cada una y separadas unos 3 metros. ¿Cuál es la fuerza de repulsión entre ellas? ¿Será posible esto en el mundo cotidiano? Explique las causas por las cuales esto no puede ser posible.



c. Resuelva el siguiente ejercicio:

1. Determine la fuerza de repulsión de un sistema de cargas idénticas $Q = 0,75 \mu C$ ubicadas en los puntos $(2; 3; 4)$, $(5; -3; -4)$, $(-3; -7; -4)$ y una carga $q = 1 \mu C$ ubicada en el punto $(0; 0; 0)$



3.4 PRÁCTICA N° 4. ONDAS ESTACIONARIAS

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO

Ondas estacionarias

TEMAS QUE CUBRE

- Ecuación de una onda estacionaria
- Ondas transversales en una cuerda

DESCRIPCIÓN

Elemento	Material	Color	Cantidad	Representa
Varilla ondulada	Aluminio galvanizado	Varios	8	Ondas
Letra V	Aluminio galvanizado	Blanco	2	Vientre
Letra N	Aluminio galvanizado	Blanco	1	Nodo
Ejes	Aluminio galvanizado	Negro	2	Eje X, ψ
Base	Madera	Negro	1	Soporte

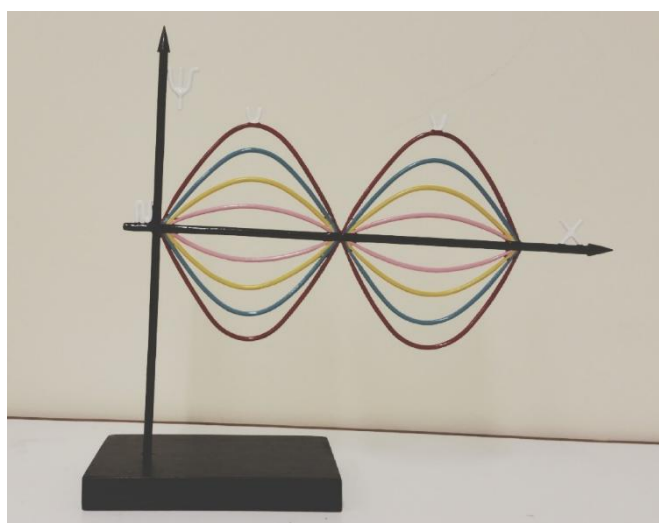


Figura 4.1 Maqueta ondas estacionarias

3.4.1 GUÍA PARA EL DOCENTE

ECUACIÓN DE LA ONDA ESTACIONARIA

Objetivos:

Determinar la ecuación una onda estacionaria resultante.

Mostrar un modo de vibración de una cuerda tensa

Procedimiento:

- La maqueta muestra una de las posibles ondas estacionarias en una cuerda tensa, su segundo “armónico” pues los extremos son nodos, la cual ha sido dibujada con escala vertical muy exagerada para posiciones correspondientes a variaciones de tiempo de $P/16$.
- La onda estacionaria surge como el resultado de la superposición de dos trenes de ondas de características similares, pero que se propagan en sentidos contrarios. Esto ocurre esto cuando un tren de ondas transversales se propaga sobre una cuerda fija y tensa, la onda llega a uno de los extremos fijos y rebota, entonces se superponen las ondas incidente y reflejada produciendo ondas estacionarias. Observe la figura 4.2.

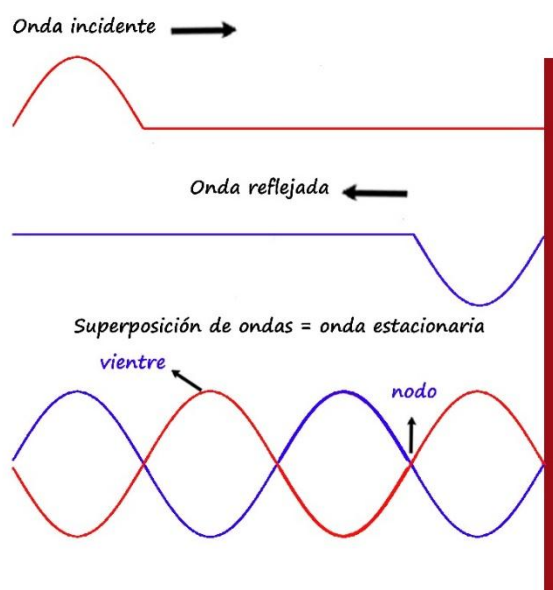


Figura 4.2 Ondas estacionarias en una cuerda fija en una pared

3.4.2 MARCO TEÓRICO

ECUACIÓN DE LA ONDA ESTACIONARIA

Se llaman ondas estacionarias a las “seudo ondas” que no se propagan en el espacio, sino que parecen ondular en posiciones estáticas. Surgen como resultado de la superposición de dos trenes de ondas de características similares, pero que se propagan en sentidos contrarios.

Para determinar la ecuación de una onda estacionaria utilizaremos la ecuación de onda conocida:

$$\psi = \psi_0 \text{ Sen}(Kx - \omega t) \quad (4.1)$$

Y luego hallar la resultante de dos ondas idénticas que se propagan en sentidos contrarios; sean éstas:

$$\psi_1 = \psi_0 \text{ Sen}(Kx - \omega t)$$

$$\psi_2 = \psi_0 \text{ Sen}(Kx + \omega t)$$

Cuya resultante es:

$$\psi = \psi_0 (2 \text{ Sen } Kx \text{ Cos } \omega t) \quad (4.2)$$

Caber resaltar que dicha ecuación se convierte en:

$$\text{Si los extremos son nodos} \quad \psi = 2\psi_0 \text{ Sen } Kx \text{ Cos } \omega t \quad (4.3)$$

$$\text{Si los extremos son vientres} \quad \psi = 2\psi_0 \text{ Cos } Kx \text{ Sen } \omega t \quad (4.4)$$

En donde, como vemos, ha desaparecido el argumento característico de las ondas, esto es $(Kx - \omega t)$. La ecuación corresponde a la oscilación $\text{Cos } \omega t$ de toda la cuerda, punto por punto, pero dentro de los límites $\pm 2\psi_0 \text{ Sen } Kx$.

Entonces, habrán puntos en los que la cuerda se mantendrá completamente quieta, $\psi = 0$ y esto ocurre en las posiciones para las cuales $\text{Sen } Kx = 0$, esto es:

$$Kx = 0, \pi, 2\pi, \dots, (m' - 1)\pi \quad (m' = 1, 2, 3, \dots)$$

A estas posiciones se les llama NODOS. Observe la figura 3.2

Así también existirán punto en donde la cuerda alcanzará el máximo desplazamiento posible, $\psi = 2\psi_0$ y esto ocurre en las posiciones para las cuales $\text{Sen } Kx = \pm 1$, esto es:

$$Kx = \frac{\pi}{2}, \frac{3}{2}\pi, \frac{5}{2}\pi, \dots, \left(m - \frac{1}{2}\right)\pi \quad (m = 1, 2, 3, \dots)$$

A estas posiciones se les llama VIENTRES. Observe la figura 3.2

$$\text{Si } Kx = (m' - 1)\pi \text{ para los nodos, entonces: } \frac{2\pi}{\lambda}x = (m' - 1)\pi$$

de donde:

$$x = (m' - 1)\frac{\lambda}{2} \quad (m' = 1, 2, 3, \dots)$$

de modo que la separación entre dos nodos consecutivos es $\lambda/2$.

$$\text{Si } Kx = \left(m' - \frac{1}{2}\right)\pi \text{ para los vientres, entonces: } \frac{2\pi}{\lambda}x = \left(m' - \frac{1}{2}\right)\pi$$

de donde:

$$x = \left(m' - \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{2} \quad (m' = 1, 2, 3, \dots)$$

de tal manera que la separación entre dos vientres consecutivos es también $\lambda/2$ y por lo mismo la separación entre un nodo y un vientre consecutivo es $\lambda/4$. Observe la figura 3.3.

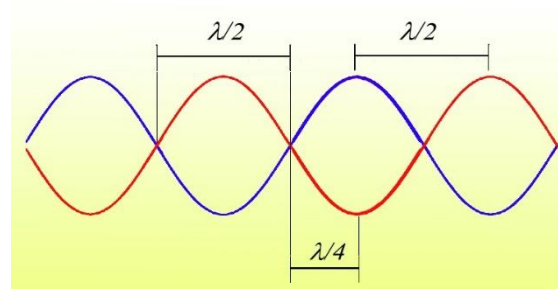


Figura 4.3 Ondas estacionarias

3.4.3 EJERCICIO MODELO

Se superponen dos ondas estacionarias $\psi_1 = 3\text{Sen}(5\pi t - 2x)$ y $\psi_2 = 3\text{Sen}(5\pi t + 2x)$

Halle la ecuación de la onda estacionaria resultante suponiendo que los extremos sean vientos.

SOLUCIÓN: Para resolver este ejercicio se puede hacer uso de (4.3), para ello necesitamos determinar ψ_0 ; ω ; K , los cuales obtenemos a partir de (4.1) por simple comparación,

$$\psi = \psi_0 \text{Sen}(Kx - \omega t)$$

$$\psi_1 = 3\text{Sen}(5\pi t - 2x)$$

de ahí:

$$\psi_0 = 3; \quad \omega = 5\pi; \quad K = 2$$

Así la resultante de la onda estacionaria es:

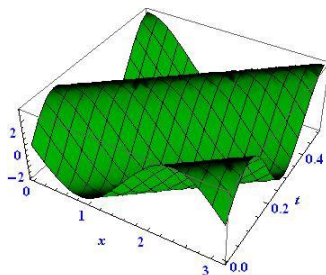
$$\psi = 2\psi_0 \text{Cos } Kx \text{ Sen } \omega t$$

$$\psi = 6\text{Cos } 2x \text{ Sen } 5\pi t$$

A continuación, observe la gráfica de las ondas incidente, reflejada y resultante.

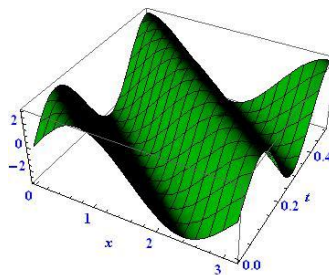
Onda incidente

$$\psi_1 = 3\text{Sen}(5\pi t - 2x)$$



Onda reflejada

$$\psi_2 = 3\text{Sen}(5\pi t + 2x)$$



Onda resultante

$$\psi = 6\text{Cos } 2x \text{ Sen } 5\pi t$$

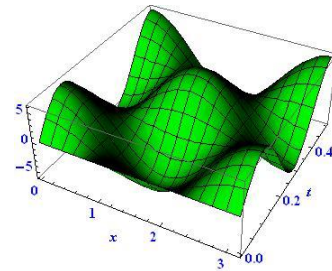


Figura 4.4 Ondas incidente, reflejada y estacionaria en 3 dimensiones.

3.4.4 ACTIVIDADES PROPUESTAS

a. Complete:

Una onda estacionaria es una onda, es decir una onda que ... viaja por el espacio, sino que parece oscilar en posiciones y es el resultado de superponer dos ondas que se en direcciones..... pero que tienen las mismas características. Toda onda estacionaria presenta y, los nodos son los puntos en donde, mientras que los son los puntos en donde $\psi = 2\psi_0$

b. Analice y responda:

¿Es posible que una onda de la forma $\psi = \psi_0 \text{Sen}(Kx - \omega t)$ se anule con otra y que algunas partes de la onda resultante no tengan amplitud?

c. Resuelva los siguientes ejercicios:

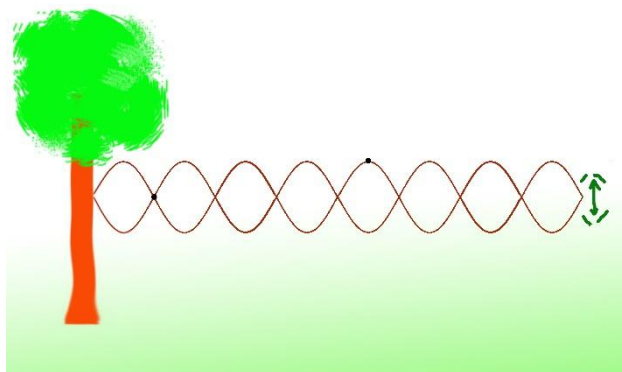
1. Se superponen las ondas $\psi_1 = 6\text{Sen}(240t - 3z)$ & $\psi_2 = 6\text{Sen}(240t + 3z)$

Halle:

- a) La ecuación de la onda estacionaria resultante.
- b) La gráfica correspondiente a $t = \pm P/4$.
- c) Las posiciones de los tres primeros nodos.

2. El extremo izquierdo de un alambre está amarrado contra un árbol. Mediante el movimiento en el extremo derecho se logran crear ondas estacionarias, en donde: $\psi = 4,8 \text{ mm}$; $K = 0,620\pi \text{ rad/m}$; y $\omega = 56\,520 \text{ rad/min}$; ¿A qué distancia del árbol está?

- a. el primer nodo
- b. el quinto vientre



3.5 PRÁCTICA N° 5. VIBRACIONES DE CUERDAS

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO

Vibraciones de cuerdas

TEMAS QUE CUBRE

- Ecuación para el armónico fundamental.
- Frecuencia fundamental
- Ecuación para el armónico superior

DESCRIPCIÓN

Elemento	Material	Color	Cantidad.	Representa
Ondas	Aluminio galvanizado, plástico	Naranja	3	Ondas en cuerda tensa vibrante
Ejes verticales	Aluminio galvanizado	Negro	2	Punto tensor
Base	Madera	Negro	1	Soporte

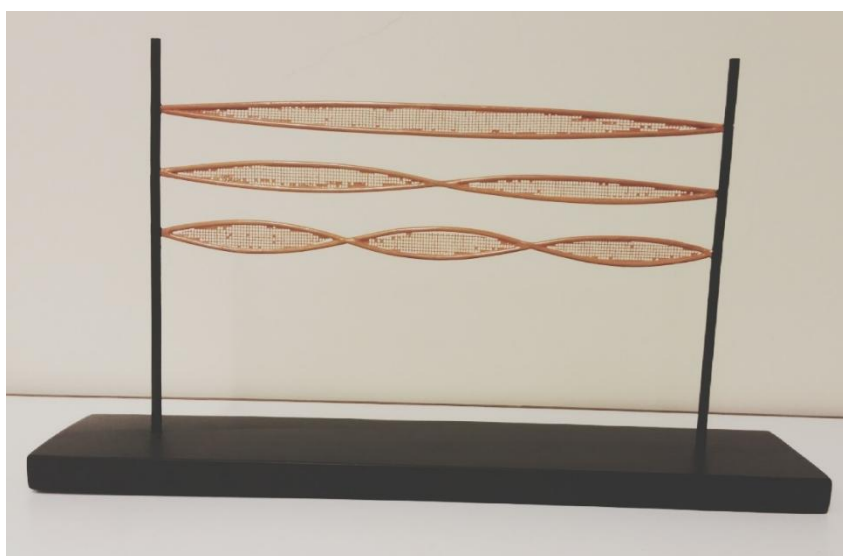


Figura 5.1 Maqueta vibraciones de cuerdas

3.5.1 GUÍA PARA EL DOCENTE

VIBRACIONES DE CUERDAS

Objetivo: Conceptualizar y aplicar los conceptos de armónico fundamental y armónico superior, en el estudio de cuerdas tensas.

Procedimiento:

- a. La maqueta está diseñada para que muestre la condición física que se toma en consideración para el estudio de las ondas producidas por cuerdas tensas al ser perturbadas.
- b. Una cuerda tensa de longitud L , al ser perturbada vibrará de muchas formas, pero con el condicionante físico de que sus extremos serán siempre nodos.
- c. En una cuerda de longitud L se pueden obtener nodos en los extremos al considerarlos atados.
- d. Ahora bien, a partir del condicionamiento anterior cabe preguntarse cuántas longitudes de onda pueden estar contenidas en una cuerda tensa de longitud L .
- e. Mediante el estudio de las relaciones obtenidas entre la longitud de la cuerda y las longitudes de onda contenidas en ella, se obtiene la ecuación que define las posibles frecuencias de vibración que presentará la cuerda.
- f. La ecuación que determina la frecuencia de una cuerda atada en sus extremos es:

$$f_n = n \frac{v}{2L} = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad n = 1, 2, 3 \dots$$

- g. En la ecuación anterior, si $n = 1$, se llama frecuencia fundamental.
- h. En cambio, cuando $n > 1$ se llaman frecuencias o armónicos superiores.

3.5.2 MARCO TEÓRICO

VIBRACIONES DE CUERDAS

La cuerda de una guitarra está atada en sus dos extremos y al ser perturbada –por ejemplo, por los dedos de la mano- producen ondas que avanzan en ambas direcciones de la cuerda y al llegar a los extremos rebotan y se reflejan; por ende, se superponen y dan como resultado las ondas estacionarias que están conformadas por vientres, nodos, una longitud de onda y velocidades propias que dependen del material con que están construidas las cuerdas. Este es también el caso de los violines, requintos, bajos, contrabajos, etc.

Si perturbamos una de las cuerdas de los instrumentos antes mencionados, éstos van a vibrar con un sinnúmero de frecuencias, pero todas tienen el condicionamiento de estar atadas en sus extremos los mismos que no presentan perturbación alguna, por ello se dice que son nodos.

Ahora bien, se estudiará en general el caso de las vibraciones en cuerdas tensas atadas en sus dos extremos y se analizará el número de longitudes de onda que pueden estar contenidas entre esos extremos. Consideramos el caso más sencillo en que la onda senoidal puede estar presente entre dos nodos de una cuerda de longitud L . Observe la figura 5.2

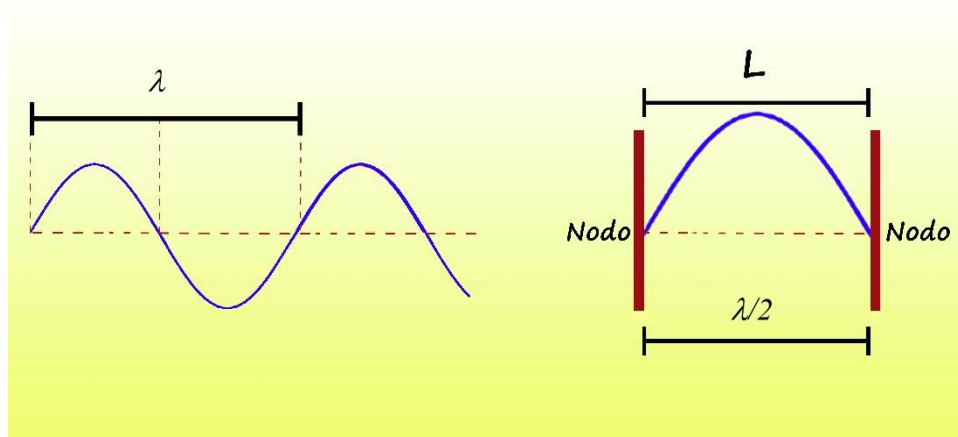


Figura 5.2 un vientre entre los extremos

Observando la figura 5.2 se puede ver que el caso más sencillo es cuando entre dos nodos hay un solo vientre, de lo anterior se obtiene la relación: $L = \frac{\lambda}{2}$

El siguiente caso a considerarse es cuando entre dos nodos hay dos vientres. Observe la figura 5.3

Observando la figura 5.3 se puede obtener la relación:

$$L = 2 \frac{\lambda}{2}$$

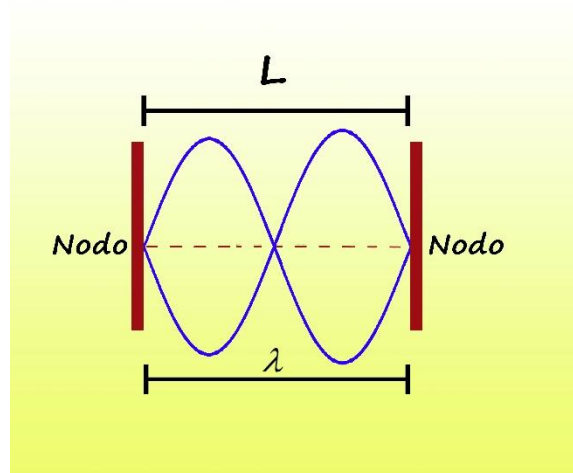


Figura 5.3 dos vientres entre los extremos

Ahora consideremos el siguiente caso en orden de complejidad. Para ello vamos a incluir tres vientres entre dos nodos. Observe la figura 5.4

Al observar la figura 5.4 se puede obtener la relación:

$$L = 3 \frac{\lambda}{2}$$

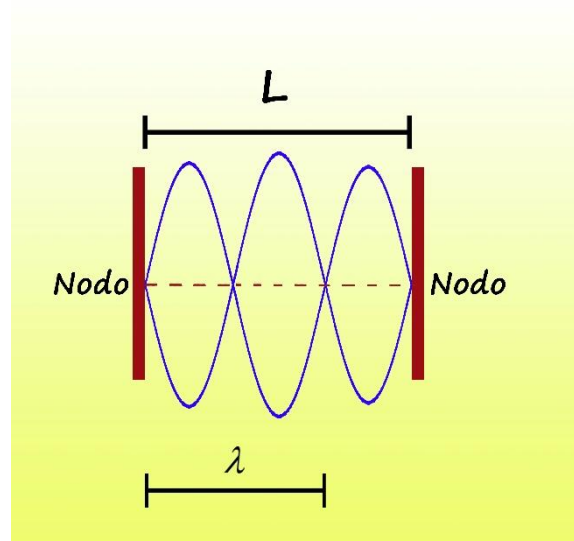


Figura 5.4 tres vientres entre los extremos

Así pues, en general;

$$L = n \frac{\lambda}{2}$$

Despejando λ_n se obtiene:

$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \quad (5.1)$$

Ahora bien, como $v = \lambda f$, entonces:

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n}$$

Reemplazando el valor de λ_n obtenido en (5.1) llegamos a:

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{v}{2L/n} = \frac{nv}{2L} = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad \text{Con } n = 1, 2, 3, \dots \quad (5.2)$$

La ecuación (5.2) representa las distintas frecuencias a las que puede vibrar una cuerda de longitud L en función de las longitudes de onda contenidas en ella. La frecuencia obtenida para $n = 1$ se conoce con el nombre de armónico fundamental, en cambio cuando $n > 1$ se llaman armónicos superiores.

Para un n dado, la posición de los nodos ($x_{n'}$) está dada por:

$$x_{n'} = (n' - 1) \frac{L}{n} \quad (n' = 1, 2, 3, \dots, n+1) \quad (5.3)$$

Mientras que la posición de los vientres ($x_{n''}$) se expresa mediante:

$$x_{n''} = (2n'' - 1) \frac{L}{2n} \quad (n'' = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (5.4)$$

3.5.3 EJERCICIO MODELO

Una cuerda de $0,5\text{ m}$ de longitud, hecha de cierto material, presenta una $\mu = 0,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$ y se encuentra tensa en sus dos extremos mediante una fuerza de 100 N . a) ¿Cuál es la frecuencia fundamental de la cuerda? b) ¿A qué velocidad viajan las perturbaciones en la cuerda? c) ¿Cuál es la nueva frecuencia fundamental si la cuerda se tensa un 25% más?

SOLUCIÓN:

a) Se utilizará una de las formas de (5.2) con $n = 1$, con el fin de obtener la frecuencia fundamental.

$$f_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$$f_1 = \frac{1}{2(0,5)} \sqrt{\frac{100}{0,2}}$$

$$f_1 = \frac{1}{2(0,5)} \sqrt{\frac{100}{0,2}} = 1\sqrt{500} \approx 22,36\text{ Hz}.$$

b) A partir de (5.2) y con el valor de f_1 , tenemos:

$$f_1 = \frac{nv}{2L}$$

$$22,36 = \frac{(1)v}{2(0,5)} \rightarrow v = (2)(0,5)(22,36) = 22,36\text{ m/s}$$

c) Tensar un 25% más, significa que $T' = 125\text{ N}$; así, la nueva frecuencia fundamental es:

$$f_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T'}{\mu}} \rightarrow f_1 = \frac{1}{2(0,5)} \sqrt{\frac{125}{0,2}} = 1\sqrt{625} = 25\text{ Hz}$$

3.5.4 ACTIVIDADES PROPUESTAS

a. Complete:

Una cuerda atada por sus extremos siempre va a presentar en esos puntos, mientras que los vientres pueden estar en distintas posiciones a lo largo de la La longitud de onda representa un completo de onda y es inversamente proporcional a la frecuencia, cuya unidad en el SI es el y se representa por Se llama frecuencia fundamental a, en cambio cuando $n > 1$, tienen el nombre de frecuencias o armónicos

b. Analice y responda:

El sonido es una onda que viaja a mayores velocidades en elementos sólidos. El aire es el peor conductor; aun así, en un ambiente cálido la velocidad de la onda es mayor que en un ambiente frío. Escribe un breve ensayo sobre este hecho y envíaselo a un amigo del colegio que no entendía, en su momento, este hecho. Explícale la razón de este fenómeno. ¿En qué material el sonido alcanzará su máxima velocidad?

c. Resuelva los siguientes ejercicios:

1. Una cuerda de $0,62\text{ m}$ de largo vibra en su modo fundamental. La velocidad con que se propaga la onda es de 340 m/s . Determine los 3 primeros armónicos y sus respectivas longitudes de onda. ¿Qué sucede con los armónicos y las longitudes de onda si la cuerda es dos veces más larga? ¿y si su tensión es dos veces la tensión inicial?
2. Una cuerda de longitud L , tensada inicialmente con 600 N de fuerza, presenta una frecuencia fundamental f_1 . ¿Cuál es la nueva frecuencia fundamental si la cuerda tiene el 10% de su longitud original y se tensa un 10% más?

3.6 PRÁCTICA N° 6. VIBRACIONES EN TUBOS DE AIRE ABIERTOS EN UNO DE SUS EXTREMOS

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO

Vibraciones en tubos de aire abiertos en uno de sus extremos

TEMAS QUE CUBRE

- Ecuación para el armónico o frecuencia fundamental en tubos abiertos en uno de sus extremos.
- Ecuación para el armónico superior.

DESCRIPCIÓN

Elemento	Material	Color	Cantidad.	Representa
Ondas	Aluminio galvanizado, plástico	Verde	3	Gas vibrante dentro del tubo
Ejes verticales	Aluminio galvanizado	Negro	2	Extremos del tubo
Base	Madera	Negro	1	Soporte

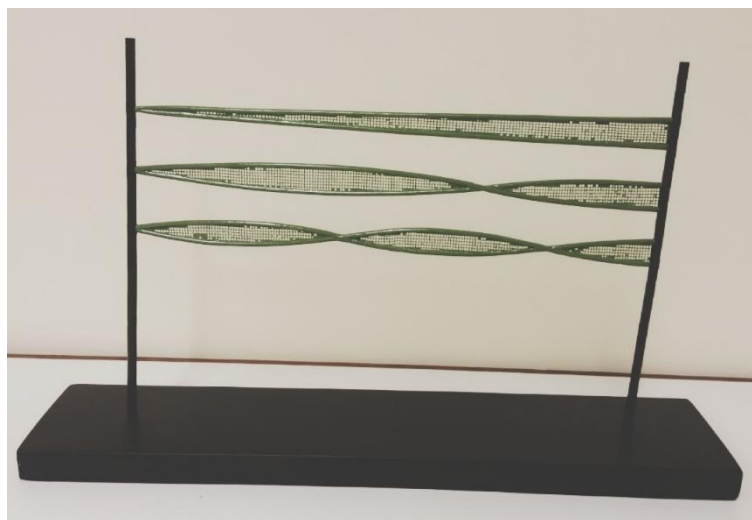


Figura 6.1 Maqueta vibraciones en tubos de aire

3.6.1 GUÍA PARA EL DOCENTE

VIBRACIONES EN TUBOS DE AIRE.

Objetivo: Conceptualizar y aplicar los conceptos de armónico fundamental y armónico superior, en tubos de aire.

Procedimiento:

- a. La maqueta está diseñada para que muestre la condición física que se toma en consideración para el estudio de las ondas producidas por tubos al ser perturbados en sus extremos.
- b. Un tubo de longitud L , abierto en uno de sus extremos y cerrado en el otro lado, al ser perturbado, vibrará de muchas maneras, pero con el condicionamiento físico de que sus extremos siempre se van a presentar vientres y nodos respectivamente.
- c. Ahora bien, a partir del condicionamiento anterior, cabe preguntarse cuántas longitudes de onda pueden estar contenidas en un tubo de longitud L .
- d. Mediante el estudio de las relaciones obtenidas entre la longitud del tubo y las longitudes de onda contenidas en éste, se determina la ecuación que muestra las posibles frecuencias de vibración que presentará un gas dentro del tubo.
- e. La ecuación que determina las posibles frecuencias con que vibrará el gas dentro del tubo es:

$$f_n = (2n - 1) \frac{v}{4L} = \frac{2n - 1}{4L} v \quad n = 1, 2, 3 \dots$$

- f. Si $n = 1$, la ecuación anterior representa el armónico o frecuencia fundamental.
- g. En cambio, cuando $n > 1$ se llaman frecuencias o armónicos superiores.

3.6.2 MARCO TEÓRICO

VIBRACIONES EN TUBOS DE AIRE.

Los tubos de aire son utilizados en el arte de la música; por ejemplo: los rondadores, las flautas, las trompetas y un sinnúmero de instrumentos musicales más. Todos ellos trabajan bajo el mismo condicionamiento físico matemático para producir sonidos de calidad.

Aquí se va a analizar la relación existente entre las longitudes de onda y la longitud de un tubo abierto en uno de sus extremos y cerrado en el otro. En un tubo de este tipo, al ser perturbado, el gas contenido vibrará de variadas maneras; sin embargo, el gas que se encuentra en el extremo abierto siempre va a vibrar de tal manera que presentará un vientre, mientras que el gas contenido en el extremo cerrado va a presentar un nodo.

Consideramos el caso más sencillo, es decir cuál es la mínima porción de longitud de onda que se puede encontrar entre los extremos de un tubo abierto por un lado y cerrado por el otro. Observe la figura 6.1

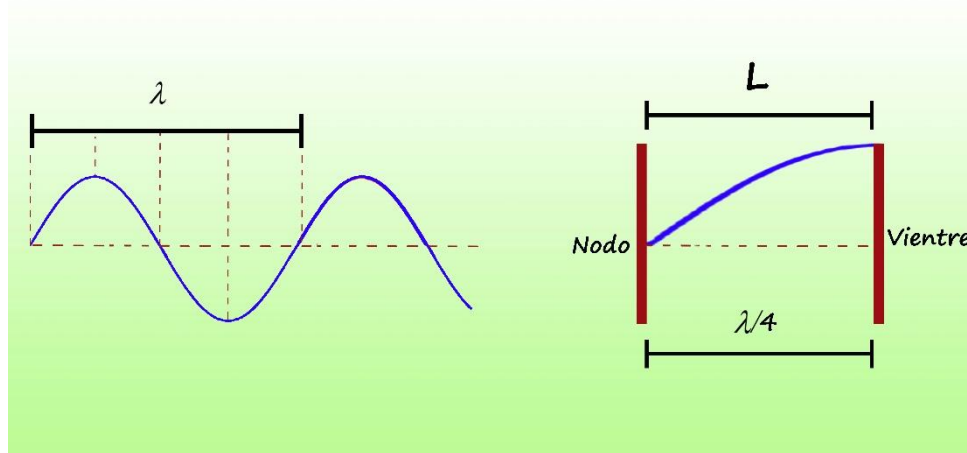


Figura 6.1 un vientre entre los extremos del tubo

Observando la figura 6.1 se puede ver que el caso más sencillo es cuando entre los extremos del tubo hay un solo vientre, de lo anterior se obtiene la relación: $L = \frac{\lambda}{4}$

El siguiente caso a considerarse, en orden de complejidad, es cuando entre los extremos del tubo existen dos vientres

Observe la figura 6.2, la cual muestra que existe un nodo en la parte cerrada del tubo y como siempre un vientre en su extremo abierto. Sin embargo, en la parte interna del tubo existe otro vientre. Es decir, en este caso, se presentan dos vientres. De lo anterior se puede deducir que:

$$L = 3 \frac{\lambda}{4}$$

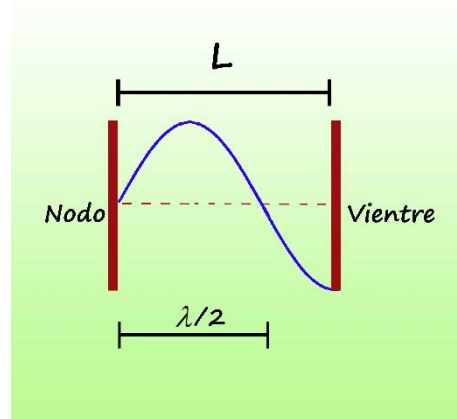


Figura 6.2 dos vientres entre los extremos del tubo

Ahora consideremos el siguiente caso en orden de complejidad. Para ello vamos a incluir tres vientres entre los extremos del tubo. Observe la figura 6.3

Observando la figura 6.3 se puede deducir que:

$$L = 5 \frac{\lambda}{4}$$

Así pues, en general;

$$L = (2n - 1) \frac{\lambda}{4} \quad \text{Siendo } n \text{ el número de vientres}$$

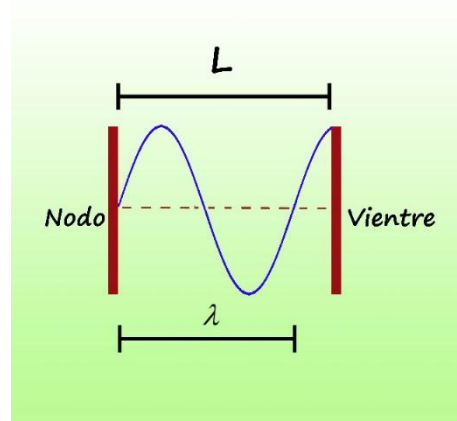


Figura 6.3 tres vientres entre los extremos del tubo

Despejando λ_n se obtiene:

$$\lambda_n = \frac{4L}{2n - 1} \quad (6.1)$$

Ahora bien, como $v = \lambda f$, entonces:

$$f_n = (2n - 1) \frac{v}{4L} = \frac{2n - 1}{4L} \sqrt{\frac{\gamma RT}{M_{mol}}} \quad \text{Con } n = 1, 2, 3, \dots \quad (6.2)$$

En la ecuación anterior hay que tener en consideración que si $n = 1$, entonces, la ecuación representa el armónico o frecuencia fundamental. En cambio, cuando $n > 1$ representa las frecuencias o armónicos superiores.

3.6.3 EJERCICIO MODELO

La frecuencia fundamental de un tubo abierto por uno de sus extremos es de 440 Hz . a) ¿Cuál es la longitud del tubo? b) ¿Cuál es el valor de λ ? c) ¿Cuál es la nueva frecuencia fundamental si el tubo se reduce a la mitad? Considere que el tubo está inmerso en aire y que la velocidad de propagación del sonido en éste de 340 m/s .

SOLUCIÓN:

a) Se utilizará una de las formas de (6.2) con $n = 1$, a partir de ello, se determinará la longitud del tubo.

$$f_n = (2n - 1) \frac{v}{4L}$$

$$L = \frac{340}{4(440)} = 0,193\text{ m}$$

b) Para este literal se tomará en consideración (6.1) con $n = 1$.

$$\lambda_n = \frac{4L}{2n - 1}$$

$$\lambda_n = \frac{4(0,193)}{1} = 0,773\text{ m}$$

c) Si el tubo se reduce a la mitad, entonces la nueva frecuencia fundamental será:

$$f_n = (2n - 1) \frac{v}{4 \frac{L}{2}} = (2n - 1) \frac{v}{2L}$$

$$f_1 = [2(1) - 1] \frac{340}{2(0,193)} = 880\text{ Hz}$$

3.6.4 ACTIVIDADES PROPUESTAS

a. Complete:

El gas contenido en un tubo abierto en uno de sus extremos y cerrado en el otro, siempre va a vibrar de distintas maneras, pero con la condición de que

La ecuación para la frecuencia de vibración de un gas contenido en un tubo abierto en sus extremos está dada por:

.....

La ecuación para la frecuencia fundamental de vibración de un gas contenido en un tubo abierto en sus extremos está dada por:

.....

b. Analice y responda:

Suponga que usted agarra una botella de vidrio vacía y sopla a través de ella a manera de soplar el canuto de un rondador. Usted obtendrá un sonido que depende de la intensidad del soplo. Si usted sopla suavemente, el sonido es grave, mientras que, si sopla fuerte, el sonido es agudo. Trate de explicar por qué se da este fenómeno.

c. Resuelva los siguientes ejercicios:

1. El oído de una persona puede ser modelado como un tubo cerrado por uno de sus extremos. Suponga que el tamaño aproximado del canal auditivo de una persona es de 2,35 cm. a) Calcule la frecuencia fundamental y diga si esta frecuencia es audible. b) calcule la longitud de onda. c) El quinto armónico ¿es audible par esta persona?
2. Se tienen dos tubos ambos abiertos en uno de sus extremos. Si la longitud del primero es a la longitud del segundo como 1:3, ¿cuál es la relación entre las longitudes de onda del primero con respecto al segundo cuando vibran en su frecuencia fundamental? ¿Cuál de ellos siempre presentará el sonido más agudo?

3.7 PRÁCTICA N° 7. VIBRACIONES EN TUBOS DE AIRE ABIERTOS EN SUS EXTREMOS

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO

Vibraciones en tubos de aire abiertos en sus extremos

TEMAS QUE CUBRE

- Ecuación para el armónico o frecuencia fundamental en tubos abiertos en sus extremos
- Ecuación para el armónico superior

DESCRIPCIÓN

Elemento	Material	Color	Cantidad.	Representa
Ondas	Aluminio galvanizado, plástico	Rosado	3	Gas vibrante dentro del tubo
Ejes verticales	Aluminio galvanizado	Negro	2	Extremos del tubo
Base	Madera	Negro	1	Soporte

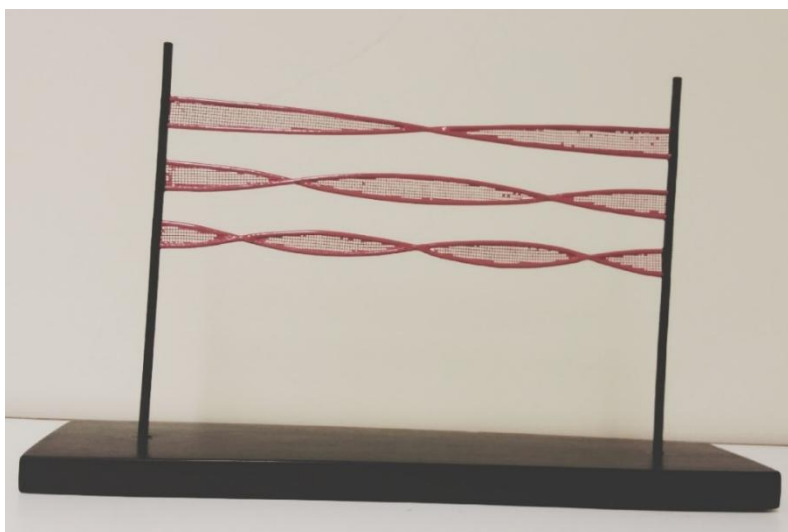


Figura 7.1 Maqueta vibraciones en tubos de aire

3.7.1 GUÍA PARA EL DOCENTE

VIBRACIONES EN TUBOS DE AIRE ABIERTOS EN SUS EXTREMOS

Objetivo: Conceptualizar y aplicar los conceptos de armónico fundamental y armónico superior, en tubos de aire abiertos en sus extremos

Procedimiento:

- La maqueta está diseñada para que muestre la condición física que se toma en consideración para el estudio de las ondas producidas por tubos abiertos en sus extremos al ser perturbados.
- Un tubo de longitud L , abierto en sus extremos, al ser perturbado, vibrará de muchas maneras, pero con el condicionamiento físico de que sus extremos siempre se van a ser vientres.
- Ahora bien, a partir del condicionamiento anterior, cabe preguntarse cuántas longitudes de onda pueden estar contenidas en un tubo de longitud L .
- Mediante el estudio de las relaciones obtenidas entre la longitud del tubo y las longitudes de onda contenidas en éste, se determina la ecuación que muestra las posibles frecuencias de vibración que presentará un gas dentro del tubo.
- La ecuación que determina las posibles frecuencias con que vibrará el gas dentro del tubo es:

$$f_n = n \frac{v}{2L} = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{\gamma RT}{M_{mol}}} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

- Si $n = 1$, la ecuación anterior representa el armónico o frecuencia fundamental.
- En cambio, cuando $n > 1$ se llaman frecuencias o armónicos superiores.

3.7.2 MARCO TEÓRICO

VIBRACIONES EN TUBOS DE AIRE.

Se pueden producir ondas estacionarias en algunos instrumentos musicales, cuando se puntean (guitarra), se tocan (violín) o se percute (piano). Se forman en el aire de los tubos de un órgano y de las trompetas; y en el aire de una botella al soplar sobre ésta a través de su cuello. Además, se pueden formar ondas estacionarias en una cubeta con agua, al moverla hacia delante y atrás con la frecuencia adecuada.

Un tubo abierto en sus dos extremos, al ser perturbado, va a vibrar de variadas maneras, pero con el condicionamiento físico de que los extremos siempre van a ser vientres. Ahora cabe preguntarse ¿Cuántas longitudes de onda pueden caber en un tubo de este tipo?

Pues bien, iniciamos considerando el caso más sencillo, es decir, cuál es la mínima longitud de onda que se puede encontrar entre dos vientres. Observe la figura 7.2

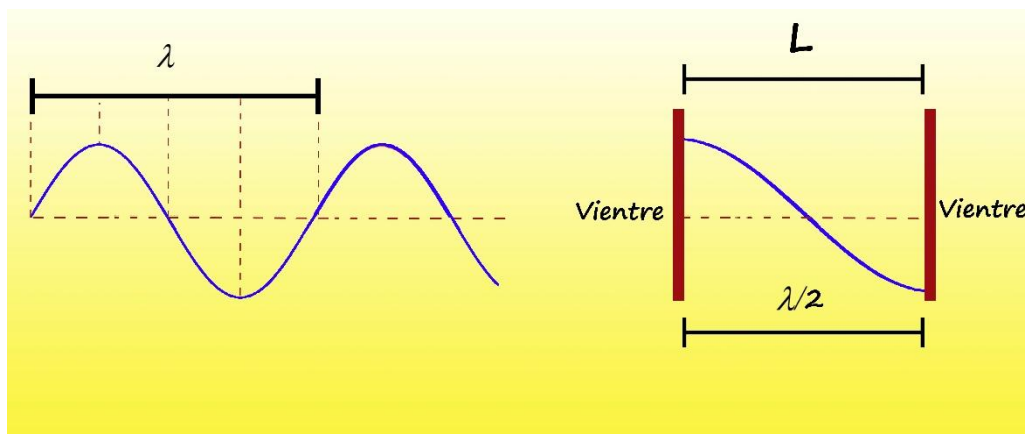


Figura 7.2 Un nodo entre los extremos del tubo

Observando la figura 7.2 se puede ver que el caso más sencillo es cuando entre dos vientres hay un solo nodo, de lo anterior se obtiene la relación:

$$L = \frac{\lambda}{2}$$

La cual indica que entre los extremos abiertos de un tubo, la mínima porción de longitud de onda es $\frac{\lambda}{2}$.

Observe la figura 7.3, la cual muestra gráficamente que el siguiente caso a considerarse es cuando entre dos vientres, están presentes dos nodos. Ahora se va a determinar la relación existente entre la longitud L del tubo y la longitud de onda λ contenida en éste. Observamos que, en este caso existe una longitud de onda completa, por ello se puede escribir:

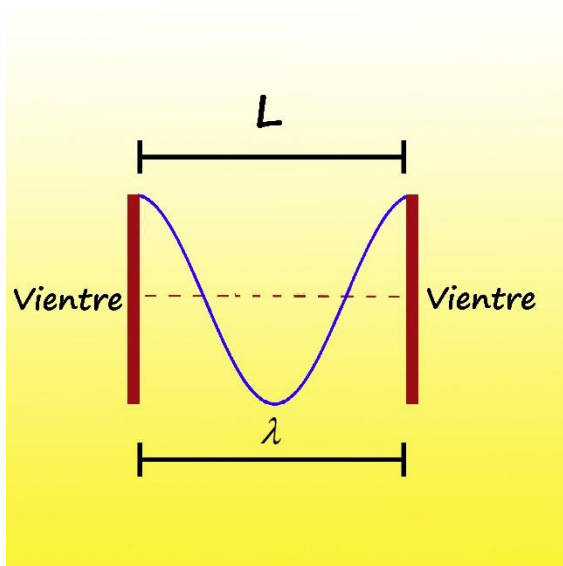


Figura7.3 Dos nodos entre los extremos del tubo

$$L = 2 \frac{\lambda}{2}$$

Si se continúa con este procedimiento se tiene que, en general;

$$L = n \frac{\lambda}{2} \quad \text{Siendo } n \text{ el número de nodos considerados}$$

De la relación anterior, despejando λ_n se obtiene:

$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \quad (7.1)$$

Como, $v = \lambda f$, entonces:

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = n \frac{v}{2L}$$

Finalmente:

$$f_n = n \frac{v}{2L} = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{\gamma RT}{M_{mol}}} \quad \text{con } n = 1, 2, 3, \dots \quad (7.2)$$

En la ecuación (7.2) hay que tener en consideración que si $n = 1$ entonces la ecuación representa el armónico o frecuencia fundamental. En cambio, cuando $n > 1$ representa las frecuencias o armónicos superiores.

3.7.3 EJERCICIO MODELO

La frecuencia fundamental de un tubo abierto por sus dos extremos e inmerso en aire es de 440 Hz. a) ¿Cuál es la longitud del tubo? b) ¿Cuál es el valor de λ ? c) ¿Cuál es la nueva frecuencia fundamental si se tapa un extremo del tubo?

SOLUCIÓN:

a) Se utilizará una de las formas de (7.2) con $n = 1$, con la cual se obtiene la frecuencia fundamental y a partir de ello se determinará la longitud del tubo. Se tomará en consideración que la velocidad del sonido es 340 m/s.

$$f_n = n \frac{v}{2L}$$

$$440 = 1 \frac{340}{2L}$$

$$L = \frac{340}{2(440)} = 0,386 \text{ m}$$

b) Para este literal se tomará en consideración (7.1) con $n = 1$.

$$\lambda_n = \frac{2L}{n}$$

$$\lambda_n = \frac{2(0,386)}{1} = 0,773 \text{ m}$$

c) Si se tapa un extremo del tubo, entonces tenemos el caso del tubo cerrado por el un extremo. Se utilizará una de las formas de (6.2) con $n = 1$ para determinar la nueva frecuencia fundamental.

$$f_n = (2n - 1) \frac{v}{4L}$$

$$f_1 = [2(1) - 1] \frac{340}{4(0,386)} = 0,220 \text{ Hz}$$

3.7.4 ACTIVIDADES PROPUESTAS

a. Complete:

El gas contenido en los tubos abiertos en sus dos extremos siempre va a vibrar de distintas maneras, pero con el condicionamiento físico de que sus siempre van a presentar

La ecuación para la frecuencia de vibración de un gas contenido en un tubo abierto en sus extremos está dada por:

.....

La ecuación para la frecuencia fundamental de vibración de un gas contenido en un tubo abierto en sus extremos está dada por:

.....

b. Analice y responda:

Suponga que usted tiene dos tubos, ambos abiertos en sus extremos y de igual longitud. Enumere las distintas opciones que usted tendría para hacer que el uno suene más agudo que el otro.

c. Resuelva los siguientes ejercicios:

1. Un tubo abierto en sus extremos está inmerso en un gas en donde la velocidad del sonido es 300 m/s . Si la frecuencia fundamental del tubo es de 880 Hz .
a) ¿Cuál es la longitud del tubo? b) ¿Cuál es el valor de λ ? c) ¿Cuál es la nueva frecuencia fundamental si se tapa un extremo del tubo?
2. Se tienen dos tubos de $0,2 \text{ m}$, ambos abiertos en sus dos extremos y sumergido en distintos gases. Si la velocidad de propagación de las ondas a través del primer tubo es 340 m/s y a través del segundo es de 400 m/s , ¿cuál de ellos siempre presentara el sonido más agudo?

3.8 PRÁCTICA N° 8. EFECTO DOPPLER

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO

Efecto Doppler

TEMAS QUE CUBRE

- Efecto Doppler
- Ecuación de la frecuencia de onda percibida.

DESCRIPCIÓN

Elemento	Material	Color	Cantidad	Representa
Varilla circular	Aluminio galvanizado	Amarillo	5	Onda
Ejes	Aluminio galvanizado	Negro	2	Ejes X, V_f
Base	Madera	Negro	1	Soporte

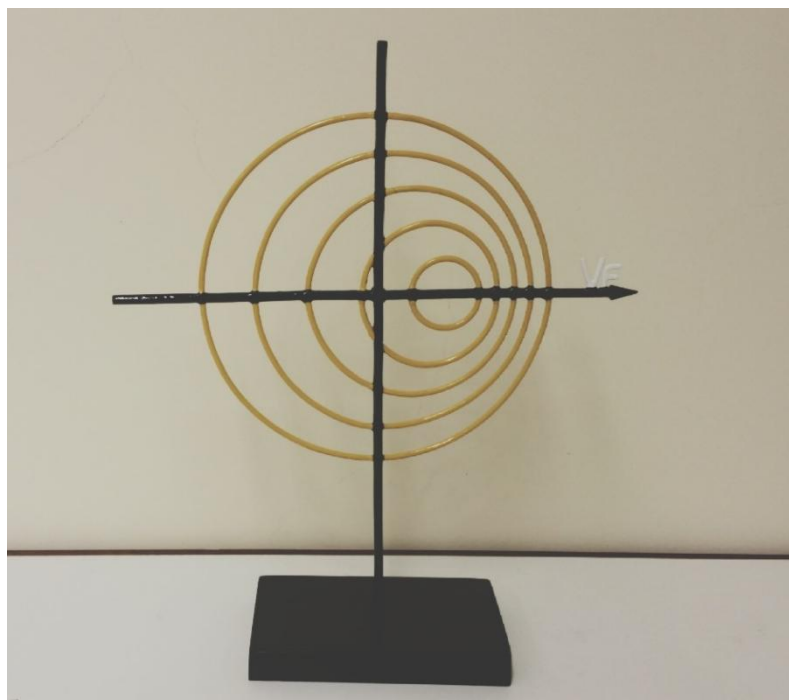


Figura 8.1 Maqueta Efecto Doppler

3.8.1 GUÍA PARA EL DOCENTE

EL EFECTO DOPPLER

Objetivo: Asimilar el concepto de las frecuencias percibidas por un observador estacionario con respecto a una fuente emisora en movimiento.

Procedimiento:

- a. Sabemos que el sonido es una onda elástica que se propaga en el espacio. Si la fuente emisora está en reposo, entonces las ondas sonoras se desplazarán de manera concéntrica con respecto a la fuente, y un observador estacionario percibirá la frecuencia original de la onda producida. Observe la figura 4.2
- b. Si la fuente emisora de ondas está en movimiento con respecto a un observador, entonces éste percibirá distintas frecuencias de onda, dependiendo de su posición relativa con respecto a la fuente. Observe la figura 4.3.
- c. A partir de b, el docente puede utilizar la maqueta presentada -figura 4.1-, en donde se muestra simbólicamente las longitudes de onda -como consecuencia de la variación de la frecuencia- percibidas por un observador estacionario con respecto a una fuente que se mueve con velocidad v , menor a la velocidad de onda del sonido, $v < 340 \text{ m/s}$.

3.8.2 MARCO TEÓRICO

EL EFECTO DOPPLER

El sonido es una onda elástica, es decir una onda que necesita un medio material para dispersarse. Ahora bien, llamaremos fuente a un ente capaz de producir ondas sonoras, por ejemplo: un silbato, la sirena de una ambulancia, el pito de un carro, el sonido del motor de un avión, etc.

Por ser una onda elástica, las ondas del sonido, pueden ser comparadas con las ondas que se producen en el agua quieta al ser perturbada por alguna partícula.

Imagine una mosca que cae en agua quieta y empieza a perturbar el agua, pero sin avanzar hacia ningún lado. En este caso las ondas que produce son concéntricas con relación a la mosca, que es la fuente de perturbación. Si un observador estacionario está en A o en B, percibe las ondas con la frecuencia original que emite la fuente. Observe la figura 8.2

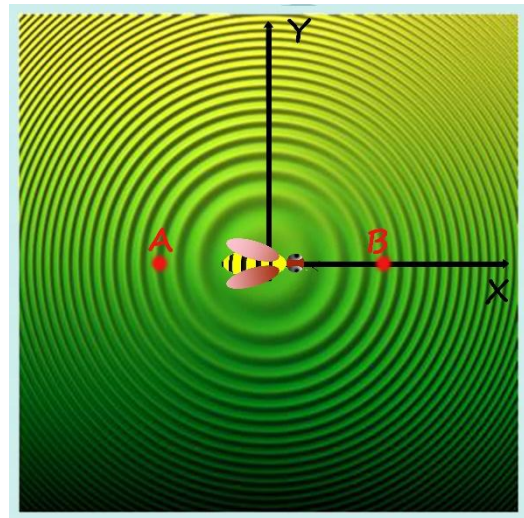


Figura 8.2 Ondas concéntricas

Ahora imagine que la mosca empieza a moverse hacia la derecha. En este caso, las ondas que produce ya no son concéntricas, sino que cada onda tiene su propio centro, en este

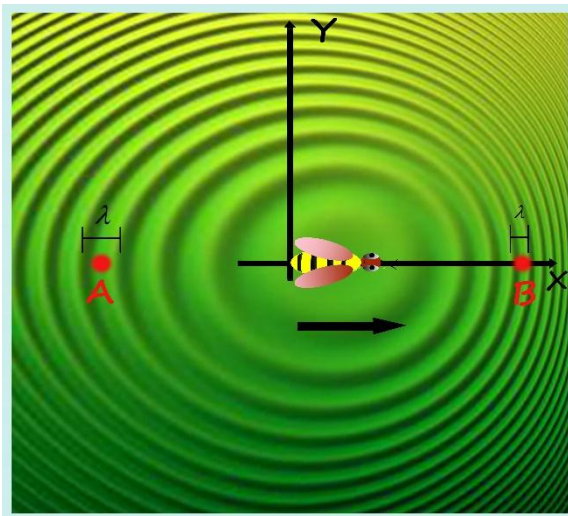


Figura 8.3 Ondas no concéntricas

caso, los frentes de onda hacia la derecha están más unidos que los frentes de onda que están a la izquierda, por ello, un observador estacionario en A, percibiría una menor frecuencia que la emitida por la fuente, mientras que un observador estacionario en B percibiría una mayor frecuencia que la emitida por la fuente. Observe la figura 8.3

Se llama **Efecto Doppler** la variación de la frecuencia de una onda de cualquier tipo producida por el movimiento relativo de una fuente con respecto al observador.

Lo que el observador percibe es la frecuencia aparente, es decir la frecuencia con la que las ondas llegan a sus sentidos.

Los elementos que hay que considerar en el estudio del efecto Doppler son: La frecuencia real emitida por la fuente; la frecuencia aparente, la velocidad de la onda; la velocidad del observador y la velocidad de la fuente de ondas.

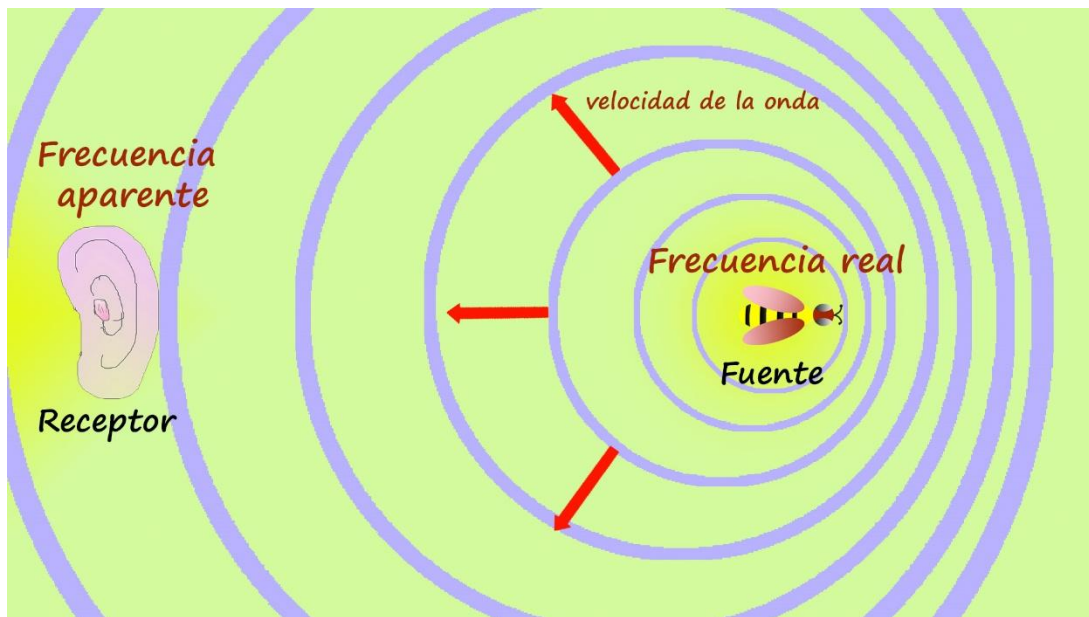


Figura 8.4 Elementos en el efecto Doppler

La ecuación para la frecuencia aparente percibida por el observador es:

$$f_A = \frac{v - v_0}{v - v_F} f \quad (8.1)$$

En donde:

f_A : frecuencia aparente

f : frecuencia real

v : velocidad de la onda

v_0 : velocidad del observador

v_F : velocidad de la fuente de ondas

Las velocidades del observador y de la fuente de onda se consideran positivas si sus sentidos coinciden con el de un vector que parte desde la fuente sonora y llega hasta el observador; en caso contrario son negativas; en cambio la velocidad v de la onda es siempre positiva.

Si la velocidad de la fuente de ondas es la misma que la de las ondas, las ondas frontales se superponen y juntas forman una “barrera de onda” que, para el caso de un avión, le puede resultar peligrosa, debido a las turbulencias que se presentan alrededor de sus alas. Observe la figura 8.5

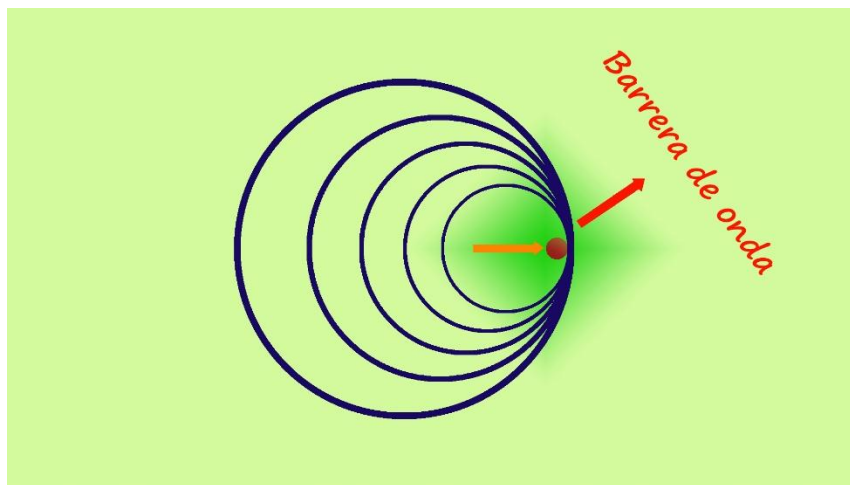


Figura 8.5 Barrera de onda

Si la velocidad de la fuente es mayor que la velocidad de las ondas emitidas, los frentes de onda quedan atrás de la fuente formando un “cono de onda”. Observe la figura 8.6

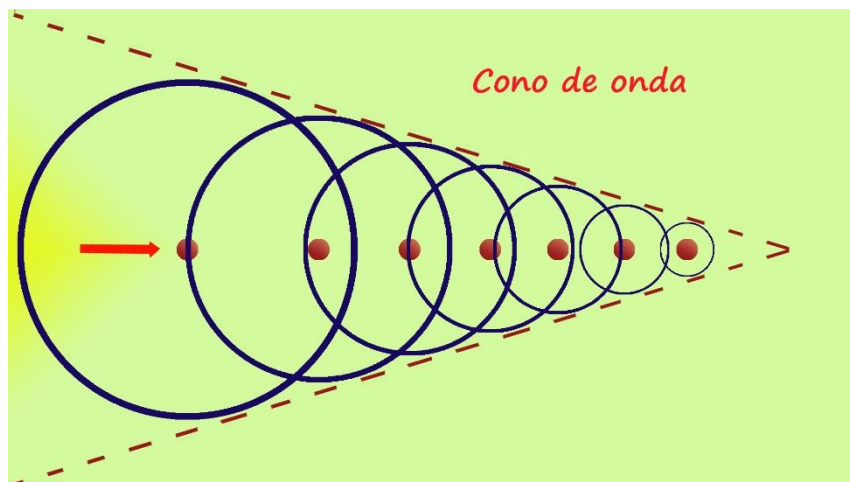


Figura 8.6 Cono de onda

3.8.3 EJERCICIO MODELO

Un tren se acerca a la estación a 144 km/h y emite un silbato de 800 Hz de frecuencia que se propaga a 340 m/s . ¿Qué frecuencia percibirá: a) una persona que viaja en el tren?, b) una persona parada en la estación?, c) un motociclista que viaja hacia el tren a 216 km/h ?, d) una persona parada junto a la vía férrea y que quedó atrás del tren?

SOLUCIÓN:

De acuerdo al problema los datos obtenidos son:

$$f = 800 \text{ Hz}$$

$$v = 340 \text{ m/s}$$

$$v_F = 40 \text{ m/s}$$

Ahora utilizando (8.1) y desarrollando tenemos:

$$\text{a) Si viaja en el tren: } f_A = \frac{v - v_O}{v - v_F} f = \frac{340 - 40}{340 - 40} 800 = 800 \text{ Hz}$$

$$\text{b) Si está en la estación: } f_A = \frac{v - v_O}{v - v_F} f = \frac{340 - 0}{340 - 40} 800 = 906,667 \text{ Hz}$$

c) El motociclista que viaja hacia el tren:

$$f_A = \frac{v - v_O}{v - v_F} f = \frac{340 - (-60)}{340 - 40} 800 = 1\,066,667 \text{ Hz}$$

d) Una persona que quedó atrás:

$$f_A = \frac{v - v_O}{v - v_F} f = \frac{340 - 0}{340 - (-40)} 800 = 715,789 \text{ Hz}$$

3.8.4 ACTIVIDADES PROPUESTAS

a. Complete:

Si una fuente emisora de ondas se mueve con respecto a un observador, entonces se produce un fenómeno conocido como..... y se da como una consecuencia de la diferencia de, por un lado, las emitidas por la fuente y por otro las que llegan a los sentidos del observador. Si la fuente se acerca al observador, entonces las longitudes de onda que percibe éste son más..... que cuando la fuente se Si la fuente se mueve a la velocidad de los frentes de onda que produce se origina un fenómeno llamado.....en cambio, si la fuente se mueve más rápido que la velocidad de los frentes de onda que produce, forma un.....

b. Analice y responda:

¿Es posible que una fuente luminosa presente también el efecto Doppler? De acuerdo a lo anterior ¿Qué significa un corrimiento hacia el rojo? ¿Cómo se llama el concepto opuesto al corrimiento hacia el rojo?

c. Resuelva los siguientes ejercicios:

Una fuente sonora emite una onda de 440 Hz que se propaga a 340 m/s . ¿A qué velocidad viaja la fuente si un observador que está caminando por la calle hacia la fuente a $0,8\text{ m/s}$ percibe una frecuencia de 880 Hz ?

d. Actividad extra.

Crear efecto de cono de ondas en el agua.

Tal vez te interese ver el efecto del cono de ondas en “vivo y directo”. Pues es sencillo hacerlo. Basta que te acerques a un estanque más o menos tranquilo de agua. Toma una piedrecilla en forma de disco (aproximadamente) en una mano y lánzala con fuerza con una de sus caras paralela a la superficie del agua. Notarás cómo la piedrecilla “camina sobre el agua” y a su paso marca un cono de ondas. Si no te sale a la primera, tranquilo es cuestión de práctica y además te relajarás.

3.9 PRÁCTICA N° 9. REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN DE LA LUZ

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO

Leyes de la reflexión y refracción de la luz.

TEMAS QUE CUBRE

- Reflexión y refracción de la luz
- Ley de Snell.

DESCRIPCIÓN

Elemento	Material	Color	Cantidad.	Representa
Ejes	Aluminio galvanizado	Negro	2	Ejes Coordinados
Rayos incidente, reflejado y transmitido	Aluminio galvanizado	Amarillo, Azul, Rosado.	1 de cada color.	Rayos incidente, reflejado y transmitido
Base	Madera	Negro	1	Soporte

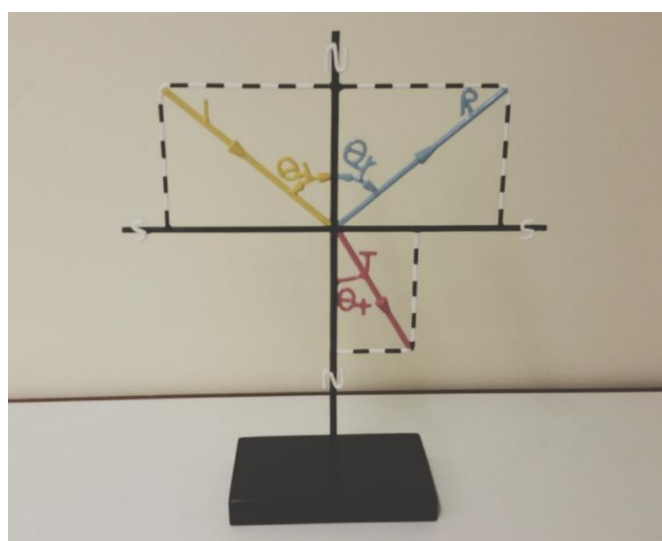


Figura 9.1 Maqueta para leyes de reflexión y refracción

3.9.1 GUÍA PARA EL DOCENTE

LEYES DE LA REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN DE LA LUZ

Objetivo: Conceptualizar y aplicar las leyes de la reflexión y refracción en problemas de la vida cotidiana.

Procedimiento:

- La maqueta está diseñada para que se muestre a los estudiantes los fenómenos que pueden ocurrir cuando un rayo proveniente de alguna fuente luminosa llega a una superficie.
- El rayo que llega a la superficie ***S*** se llama incidente. En la maqueta está señalado con la letra ***I***. Al llegar a la superficie pueden ocurrir dos fenómenos conocidos:
- Que el rayo incidente ***I*** llegue a la superficie y rebote . Este fenómeno es conocido como reflexión. En la maqueta está representado con la letra ***R***, ya que el rayo que rebota se llama reflejado.
- Que el rayo incidente ***I*** llegue a la superficie y lo atraviese. Este fenómeno es conocido como refracción. En la maqueta está representado con la letra ***T***, ya que el rayo que atraviesa la superficie se llama transmitido.
- Para las leyes de la reflexión y refracción se toma en consideración el ángulo que forma el rayo incidente con una recta perpendicular a la superficie llamada normal ***N***. En la maqueta se puede apreciar dicho ángulo, como también los ángulos de los rayo ***I*** & ***T***.
- A partir de la maqueta se pueden hacer deducciones para obtener las siguientes relaciones

$$\theta_i = \theta_r$$

I, R & T son coplanares con ***N***

$$n_i \text{ Sen } \theta_i = n_t \text{ Sen } \theta_t$$

3.9.2 MARCO TEÓRICO

LEYES DE LA REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN DE LA LUZ

De seguro alguna vez usted apuntó un rayo de luz, ya sea producido por una linterna o un láser de juguete, hacia un espejo. ¿Qué pudo observar? Usted debió percatarse de que el rayo de luz rebotó en el espejo y que regresó a sus inmediaciones. Este fenómeno es conocido como reflexión. También podemos encontrar el fenómeno de la reflexión en la fibra óptica, en algunos telescopios, en los periscopios, etc.

La **reflexión de la luz** es un fenómeno en el cual un rayo luminoso proveniente desde una fuente ubicada en un medio, llega hasta una superficie y rebota hacia el mismo medio. La superficie puede ser un espejo, una superficie metálica pulida, etc. y recibe el nombre de interfase **S**.

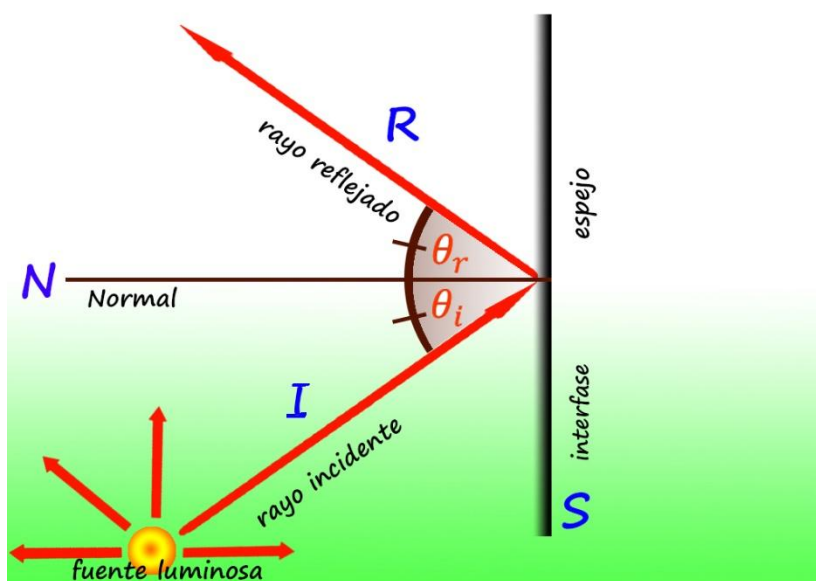


Figura 9.2 Elementos de la reflexión

El rayo que llega a la interfase se llama rayo incidente **I**, mientras que el rayo que rebota en la interfase se llama rayo reflejado **R**. Empíricamente está demostrado que el ángulo que forma el rayo incidente θ_i y una recta imaginaria perpendicular a la interfase, llamada normal **N**, es igual al ángulo que forma el rayo reflejado θ_r y la misma recta imaginaria.

$$\theta_i = \theta_r \quad (9.1)$$

La **refracción o transmisión de la luz** es un fenómeno en el cual un rayo proveniente desde una fuente ubicada en un medio con índice de refracción n_i llega hasta otro medio con índice de refracción n_t y lo atraviesa. Observe la figura 9. 3

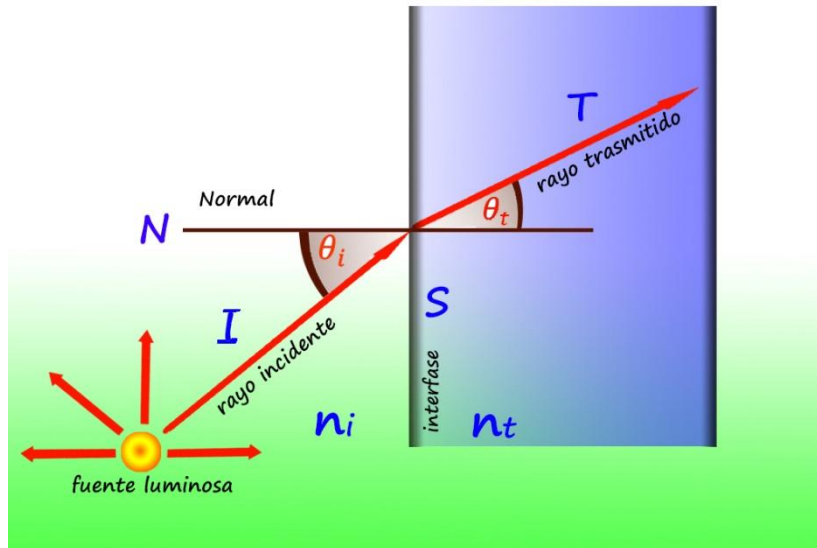


Figura 9. 3 Elementos de la refracción

Observando la figura 9.3 se puede ver que el ángulo de incidencia es distinto que el ángulo de transmisión $\theta_i \neq \theta_t$. Fue Willebrord Snell quien trabajó para obtener la relación entre estos dos ángulos y actualmente a esta relación se la conoce como la Ley de Snell.

$$n_i \text{Sen} \theta_i = n_t \text{Sen} \theta_t \quad (9.2)$$

Si el rayo de luz pasa de un medio, en donde tiene mayor velocidad, a un medio, donde tiene menor velocidad, entonces el ángulo de refracción será menor que el ángulo de incidencia con respecto a la normal. Es decir, el rayo refractado se acercará a la normal. Pero si el rayo pasa de un medio en donde tiene menor velocidad a un medio en donde tiene mayor velocidad, entonces el rayo refractado se aleja de la normal. Este hecho sirve para determinar el ángulo crítico (θ_i) para el cual el rayo refractado sea de 90° .

3.9.3 EJERCICIO MODELO

Una persona se encuentra en el interior de su habitación y a través del espejo logra observar una luz que está encendida en el exterior.

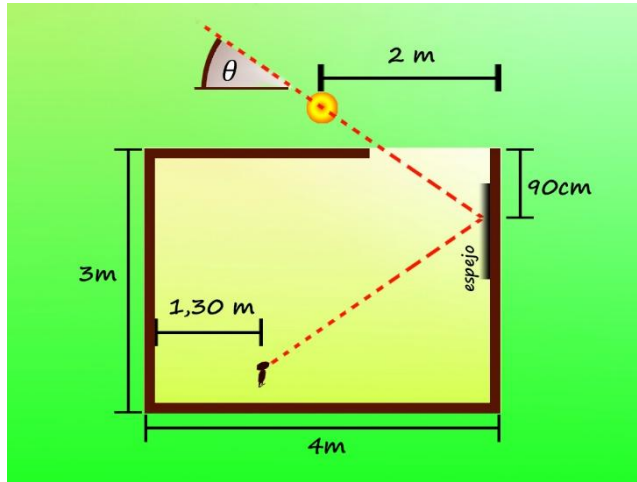


Figura 9.4 Ejercicio modelo

- Determine el valor del ángulo con el cual la luz incide en el espejo
- ¿Cuánto vale θ si la recta desde donde se lo mide es paralela a la normal?
- ¿Cuál es la distancia total que recorre el rayo luminoso desde su origen hasta los ojos del observador?

SOLUCIÓN:

a) En la figura 9.5 se puede observar un esquema simplificado del problema. Lo que nos piden es hallar el ángulo de incidencia. Primeramente, se utilizará la trigonometría para determinar los ángulos necesarios, luego a partir de (9.1) se determinará el ángulo incidente.

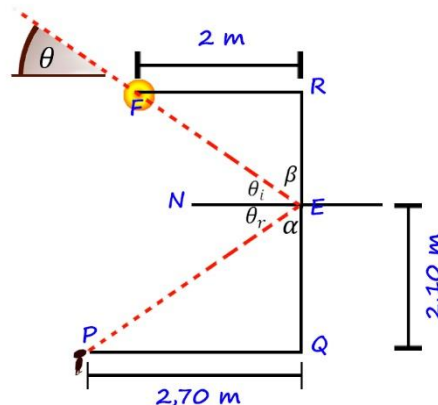


Figura 9.5 Esquema ejercicio modelo

El triángulo EQP es rectángulo, luego:

$$\tan \alpha = \frac{2,70}{2,10}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{2,70}{2,10} \right) = 52,125^\circ$$

Como N es perpendicular a la pared en donde está el espejo, entonces:

$$\alpha + \theta_r = 90^\circ \rightarrow 52,125^\circ + \theta_r = 90^\circ \rightarrow \theta_r = 90^\circ - 52,125^\circ = 37,875^\circ$$

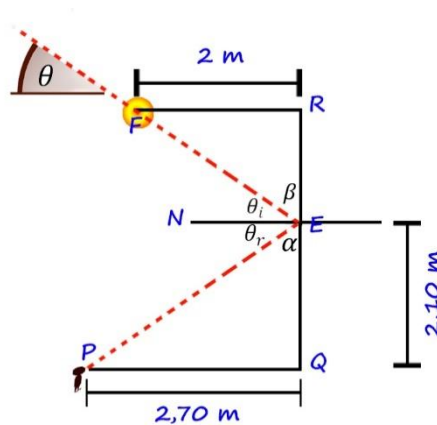
Ahora utilizando (6.1) deducimos que $\theta_i = 37,875^\circ$

b) Como la normal es paralela a la recta desde donde se mide el ángulo θ , entonces utilizando el teorema de dos rectas paralelas atravesados por otra recta, tenemos que los ángulos correspondientes son iguales.

Con ello:

$$\theta_i = \theta = 37,875^\circ$$

c) La distancia que recorre un rayo desde la fuente hacia los ojos del observador es la que sigue la trayectoria FEP la cual está con línea punteada. Si nos fijamos, esta trayectoria es la suma de las hipotenusas de los triángulos EQP y ERF



$$EP = \sqrt{(2,70)^2 + (2,10)^2}$$

$$EP = 3,421$$

Por otro lado:

$$\beta + \theta_i = 90^\circ$$

$$\beta + 52,125^\circ = 90^\circ$$

$$\beta = 90^\circ - 52,125^\circ = 37,875^\circ$$

Ahora se determinará EF.

$$\text{Sen } \beta = \frac{2}{EF}$$

$$\text{Sen } 37,875^\circ = \frac{2}{EF}$$

$$EF = \frac{2}{\text{Sen } 37,875^\circ} = 3,258 \text{ m}$$

Por lo tanto, la distancia que recorre el rayo será:

$$D = EP + EF = 3,421 + 3,258 = 6,678 \text{ m}$$

3.9.4 ACTIVIDADES PROPUESTAS

a. Complete:

El rayo que parte desde una fuente y llega a una interfase se llama una vez que llega a la interfase y rebota, entonces recibe el nombre de rayo..... En el fenómeno de la refracción, el rayo incidente no rebota, sino que atraviesa En la reflexión, el ángulo es igual al ángulo En cambio, en la refracción, el ángulo no es igual al ángulo, sin embargo, estos ángulos están relacionados mediante la ley de la cual expresa que:

.....
.....
.....

b. Analice y responda:

Pescando con pistola.

Suponga que usted no lleva un anzuelo, y solo dispone de una pistola con un tiro para atrapar a un pez. Al quedarse usted quieto, el pez se asoma a un metro frente a usted y a unos 30 cm debajo del agua. ¿Usted dónde apunta? ¿Por encima del pez? ¿Justo en el pez? ¿Por debajo del pez?

c. Resuelva los siguientes ejercicios:

1. Si el ángulo de incidencia de un rayo de luz es la mitad del ángulo refractado, determine la razón entre el índice de refracción del primer medio y el índice de refracción del segundo medio.
2. Si un rayo de luz enviado desde aire, atraviesa una capa de agua, una capa de aire, una capa de agua y finalmente sale al aire. ¿cuál es el ángulo final de refracción?

3.10 PRÁCTICA N° 10. ESPEJOS PLANOS

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO

Espejos planos.

TEMAS QUE CUBRE

- Reflexión en espejos planos
- Formación de imágenes en espejos planos.

DESCRIPCIÓN

Elemento	Material	Color	Cantidad.	Representa
Varilla	Aluminio galvanizado	Negro	1	Eje óptico
Varilla	Aluminio galvanizado	Celeste	1	Espejo
Flecha	Aluminio galvanizado	Rojo/Verde	2	Rayos principales
Flecha	Aluminio galvanizado	Blanco	2	Objeto e imagen
Base	Madera	Negro	1	Soporte

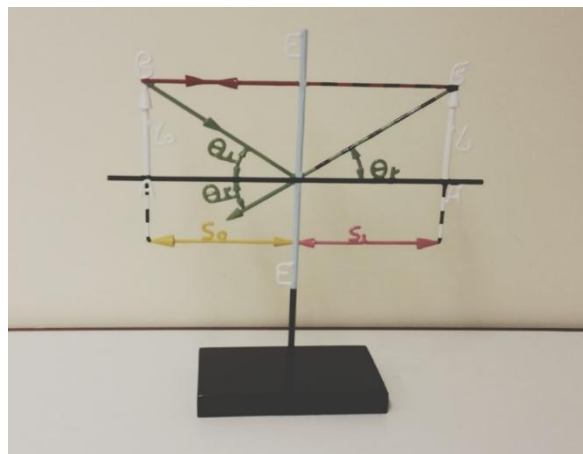


Figura 10.1 Maqueta para espejos planos

3.10.1 GUÍA PARA EL DOCENTE

ESPEJOS PLANOS

Objetivo: Conceptualizar los elementos involucrados y aplicar las leyes relacionadas con espejos planos.

Procedimiento:

- La maqueta está diseñada para que se muestre a los estudiantes el proceso de formación de imágenes en espejos planos; además de ello, para que se pueda mostrar los distintos elementos contenidos en el estudio de estos dispositivos, como son: objeto, imagen, campo objeto, campo imagen, distancia objeto, distancia imagen, eje óptico, normal, rayo incidente, rayo reflejado, superficie reflectora (espejo), aumento transversal.
- Imagine un objeto unidimensional, en este caso la flecha delgada ***AB*** de altura ***y₀*** paralela al espejo y a una distancia ***s₀*** del mismo.
- Se trazan dos rayos provenientes de ***B***. Uno paralelo al eje óptico y otro hacia la intersección del eje óptico y el espejo.
- Los rayos incidentes trazados son divergentes y no se encontrarán en ningún punto a la derecha; sin embargo, podemos intersecarlos prolongando hacia atrás sus respectivos rayos reflejados.
- Se forman dos triángulos congruentes ***ABO*** & ***A'B'O***, luego, a partir de la semejanza de triángulos podemos concluir que ***y₀ = y_i*** & ***s₀ = s_i***
- El aumento transversal está dado por: $M_T = \frac{y_0}{y_i} = 1$
- El campo que se encuentra a la izquierda del espejo se llama campo objeto, y ahí se encuentran: el objeto ***AB*** y la distancia objeto ***s₀***
- El campo que se encuentra a la derecha del espejo se llama campo imagen, ahí se encuentran: la imagen ***A'B'***, la distancia imagen ***s_i***
- Los rayos incidentes siempre van de izquierda a derecha.

3.10.2 MARCO TEÓRICO

ESPEJOS PLANOS

Cuando una superficie refleja un buen porcentaje de luz incidente, como por ejemplo un espejo, una superficie metálica pulida, o en general una superficie lisa, los rayos reflejados se alejan de la superficie con el mismo ángulo con que incidieron. $\theta_i = \theta_r$, en este caso recibe el nombre de reflexión especular. Sin embargo, si la superficie no fuera lisa, recibe el nombre de reflexión difusa, en este caso los rayos incidentes no estarían correlacionados con los rayos reflejados. Observe la figura 10.2

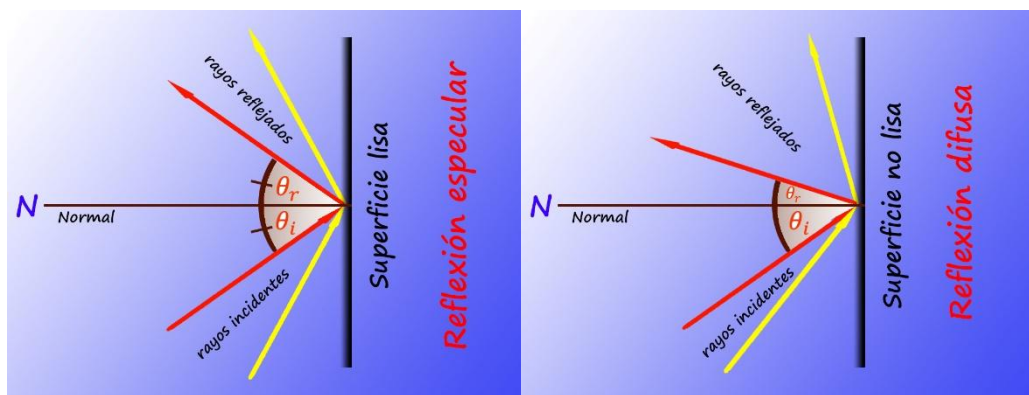


Figura 10.2 Tipos de reflexión

Se llama espejo plano a una superficie plana que es capaz de producir una reflexión especular. Para el estudio de los espejos planos se necesita de un elemento importante llamado objeto, el cual es cualquier elemento de dimensiones finitas, por ejemplo, un árbol, una botella, etc. (observe la figura 10.3)

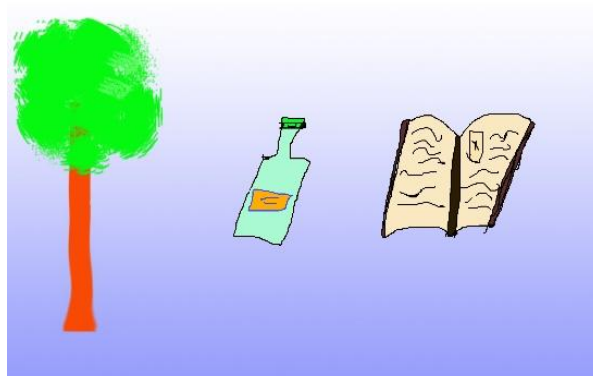


Figura 10.3 Posibles objetos

Por convenio, al objeto siempre se le coloca a la izquierda del espejo, la distancia a la que se encuentra con respecto al espejo es la distancia objeto s_o . Guíese en la figura 10.4

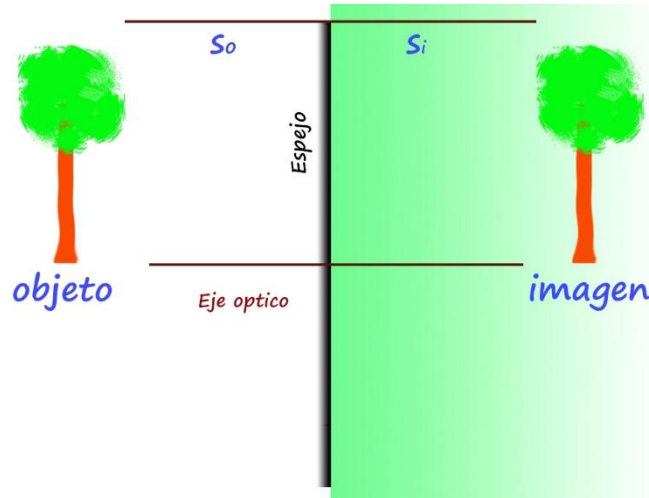


Figura 10.4 Elementos del espejo plano

Para el estudio de la formación de imágenes en espejos planos se toman en consideración los siguientes convenios:

- Los rayos incidentes siempre van de izquierda a derecha.
- Si la imagen se forma en el mismo campo de los rayos incidentes, entonces la imagen es real, caso contrario es virtual.
- Una distancia s es positivas si está del mismo lado que los rayos incidentes, caso contrario es negativa. Para espejos planos:

$$s_o = -s_i \quad (10.1)$$

- Las alturas objeto e imagen son positivas si se encuentran sobre el eje óptico, en tal caso la imagen es derecha y negativas si están por debajo, en este caso la imagen es invertida, esto se da en los espejos esféricos.
- El aumento transversal está dado por:

$$M_T = \frac{y_o}{y_i} \quad (10.2)$$

y en espejos planos siempre es igual a la unidad.

Las imágenes producidas por espejos planos siempre son virtuales, derechas y del mismo tamaño, sin embargo son invertidas desde adelante hacia atrás, para entenderlo mejor, coloque su mano derecha frente a un espejo con el pulgar apuntando hacia la superficie.

Ahora bien, en la imagen obtenida, ¿qué mano se puede apreciar, derecha o izquierda? Naturalmente la izquierda.

3.10.3 EJERCICIO MODELO

En una pared ubicada a 2 m de los ojos de una persona se encuentra un espejo de 30 cm de altura. A través de éste, la persona puede observar la totalidad de un ciprés que está a 10 metros detrás de ella. ¿Cuánto mide el árbol?

SOLUCIÓN:

La figura 10.5 muestra un esquema del problema planteado. A pesar de que el ciprés está ubicado detrás de la persona, para simplificar las cosas, se puede trabajar con la imagen obtenida en el espejo, ya que, de acuerdo a (10.1) las distancias objeto e imagen son las mismas y solo difieren en el signo.

Observe que se ha formado un triángulo rectángulo y el problema puede reducirse a resolver proporcionalidades. En este caso buscamos la altura del ciprés (h').

Así pues, tenemos:

$$\frac{10 + 2}{2} = \frac{h'}{0.3}$$

De donde:

$$h' = \frac{(12)(0.3)}{2} = 1,8 \text{ m}$$

Por lo tanto, se llega a la conclusión de que el ciprés mide 1,8 metros de altura.

Piense:

Para resolver este problema, se ha trabajado con la imagen, ¿sería más sencillo trabajar con el objeto? ¿diferirán los datos si se hubiese trabajado con el objeto?

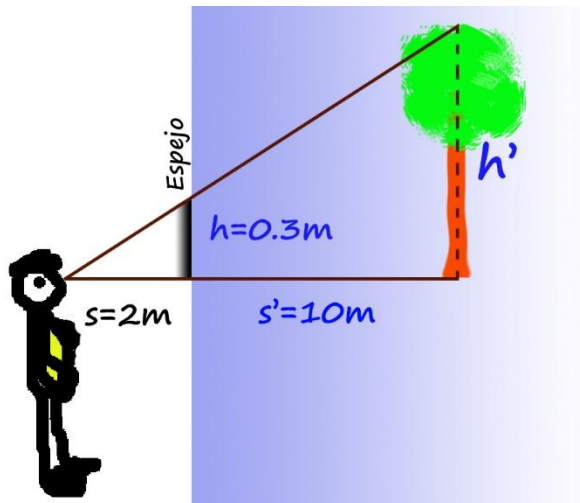


Figura 10.5 Esquema del ejercicio modelo

3.10.4 ACTIVIDADES PROPUESTAS

a. Complete:

Existen dos tipos de reflexión que son reflexión y reflexión..... Lo característico de la reflexión especular es que el ángulo del rayo incidente esal ángulo del rayo reflejado. El espejo plano produce reflexión..... y las imágenes que se forman son siempre, derechas y del mismo, es decir que su aumento transversal siempre es igual a Otra característica que presentan los espejos planos es que los valores absolutos de las distancias objeto e imagen siempre son

b. Analice y responda:

¿Por qué algunos vehículos llevan en la parte frontal frases escritas de la manera mostrada?

AÍCÍLOP

c. Resuelva los siguientes ejercicios:

1. En un salón de belleza, la estilista está parada a 2 metros de la pared, en la cual está colocado un espejo. La altura de la estilista es 1,61 m. ¿En dónde se forma la imagen? ¿A qué distancia se forma la imagen? ¿Cuál es la altura de la imagen?
2. Si usted está pedaleando tranquilamente una bicicleta a 10 km/h y a través de un espejo retrovisor plano, observa que un amigo suyo se acerca trotando hacia usted con una velocidad de 13 km/h, ¿cuál es la velocidad real a la que está trotando su amigo?

3.11 PRÁCTICA N° 11. ESPEJOS ESFÉRICOS

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO

Espejos esféricos.

TEMAS QUE CUBRE

- Ecuación de espejos esféricos cóncavos.
- Construcción de imágenes en espejos esféricos cóncavos.

DESCRIPCIÓN

Elemento	Material	Color	Cantidad.	Representa
Ejes	Aluminio galvanizado	Negro	1	Eje óptico
Flecha	Aluminio galvanizado	Violeta/Rojo/Verde	7	Rayos principales
Flecha	Aluminio galvanizado	Blanco	1	Objeto e imagen
Varilla	Aluminio galvanizado	Amarillo/Azul/Rojo	3	Cotas
Base	Madera	Negro	1	Soporte

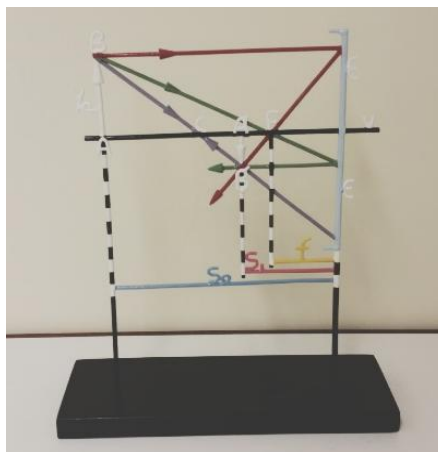


Figura 11.1 Maqueta construcción de imágenes en espejos cóncavos

3.11.1 GUÍA PARA EL DOCENTE

ESPEJOS ESFÉRICOS

Objetivo: Conceptualizar los elementos involucrados y aplicar las leyes relacionadas con espejos cóncavos.

Procedimiento:

- a. La maqueta está diseñada para que se exponga a los estudiantes el proceso de formación de imágenes en espejos esféricos cóncavos; además de ello, para que se pueda mostrar los distintos elementos contenidos en el estudio de este tipo de espejos.
- b. Imagine un objeto unidimensional, en este caso la flecha delgada **AB** de altura y_0 paralela a una recta tangente al vértice **V** y ubicado a una distancia s_0 de **V**.
- c. Se pueden trazar tres rayos principales provenientes de **B**. Uno paralelo al eje óptico **AB**, otro que pase por el foco **F** y otro que pase por el centro de curvatura del espejo **C**.
- d. Para la construcción de la imagen se pueden utilizar solo dos de los tres rayos principales. Y se utilizan las siguientes leyes:
 - a. Un rayo que incide paralelo al eje, emerge por el foco
 - b. Un rayo que incide, pasando por el foco, emerge paralelo al eje
 - c. Un rayo que incide, pasando por el centro, emerge por el mismo camino.
- e. La maqueta muestra la construcción de la imagen utilizando los tres rayos, los cuales se intersecan en un mismo punto que, medido a partir del eje óptico, representa la altura de la imagen y_i
- f. Como consecuencia de los anterior, se puede observar que la imagen obtenida es real, invertida y de menor tamaño que el objeto.

3.11.2 MARCO TEÓRICO

ESPEJOS ESFÉRICOS

Los espejos esféricos cóncavos tienen algunas propiedades prácticas. Así, por ejemplo, los que se utilizan en los centros comerciales forman imágenes más pequeñas y por ello es posible divisar un gran espacio desde un solo punto; además, se tienen los espejos que aumentan el tamaño de la imagen, los cuales pueden ser utilizados para motivos de belleza como el maquillaje, los espejos colocados en los cajeros automáticos, etc.

También se utilizan las propiedades de los espejos esféricos en el campo de la fotografía y en la construcción de grandes telescopios como por ejemplo el telescopio espacial Hubble, cuyo espejo primario es esférico.

Si una de las caras de una esfera está pulida, entonces se trata de un espejo esférico. Si lo que está pulido es la cara exterior de la esfera, entonces se trata de un espejo convexo. Pero si lo que está pulido es la parte interior de la esfera, entonces se trata de un espejo cóncavo. Observe la figura 11.2

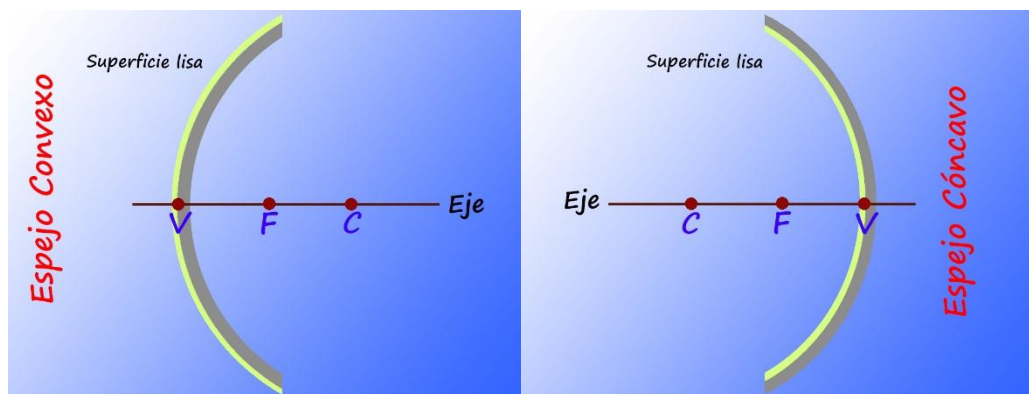


Figura 11.2 tipos de espejos esféricos

Un espejo esférico tiene varios elementos a considerarse en el momento de su estudio. Por ejemplo el centro de trazo de la circunferencia, es el centro de curvatura C del espejo esférico, cuyo radio es CV ; el vértice V por su lado, es un punto sobre el espejo y por donde pasa el eje óptico; el foco F es un punto ubicado en la mitad de la distancia entre el centro de curvatura C y el vértice V .

Para la construcción de imágenes en espejos esféricos se toma en consideración lo siguiente, con respecto a un rayo incidente:

- Un rayo que incide paralelo al eje, emerge por el foco
- Un rayo que incide, pasando por el foco, emerge paralelo al eje
- Un rayo que incide, pasando por el centro, emerge por el mismo camino.

De acuerdo a lo anterior, existen tres rayos principales, y se pueden utilizar dos para construir una imagen.

Así también, para determinar las características de una imagen producida por espejos esféricos se toman en consideración los siguientes convenios:

- Los rayos incidentes siempre van de izquierda a derecha.
- Si la imagen se forma en el mismo campo de los rayos incidentes, entonces la imagen es real, caso contrario es virtual.
- Una distancia s es positiva si está del mismo lado que los rayos incidentes, caso contrario es negativa.
- La altura de la imagen y_i es positiva si se encuentra sobre el eje óptico, en tal caso la imagen es derecha, y negativa si está por debajo, en tal caso, la imagen es invertida El aumento transversal está dado por:

$$M_T = \frac{y_o}{y_i} = -\frac{s_i}{s_o} \quad (11.1)$$

Para la formación de imágenes en espejos esféricos, se consideran únicamente los rayos paraxiales, es decir rayos muy cercanos al eje y casi paralelos a él. Con ello se puede determinar una relación entre el objeto e imagen de un espejo esférico:

$$\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \quad (11.2)$$

3.11.3 EJERCICIO MODELO

Se coloca un objeto de $0,6\text{ cm}$ de altura a $16,5\text{ cm}$ a la izquierda del vértice de un espejo esférico cóncavo, cuyo radio de curvatura es de 22 cm . a) determine la posición, el tamaño, la orientación y la naturaleza de la imagen. (*Problema adaptado del libro Física Universitaria de Sears-Zemansky*)

SOLUCIÓN:

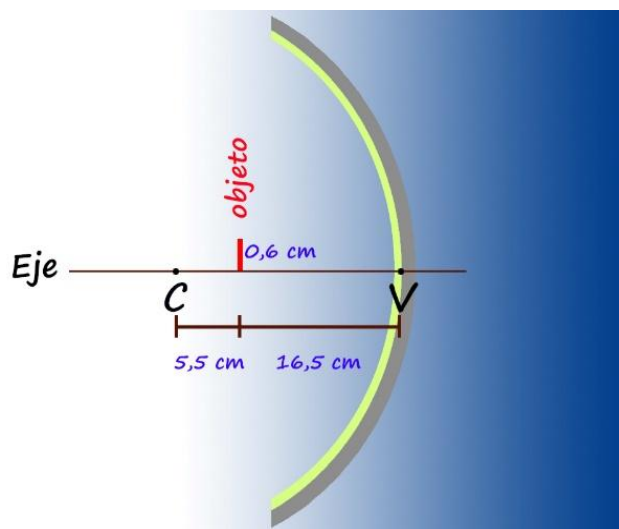
La figura 11.3 muestra un esquema del problema planteado. Para determinar los parámetros solicitados se hará uso de (11.1) y (11.2).

Los datos que se obtienen a partir del problema son:

$$y_0 = 0,006\text{ m}$$

$$s_o = 0,165\text{ m}$$

$$R = 0,22\text{ m}$$



La posición la obtenemos así:

$$\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$$

De donde:

$$\frac{1}{0,165} + \frac{1}{s_i} = \frac{2}{0,22} \rightarrow s_i = 0,33\text{ m}$$

Para determinar el tamaño primero hallamos el aumento transversal.

$$M_T = -\frac{s_i}{s_o} = -\frac{0,33}{0,165} = -2$$

$$\text{Luego, el tamaño es: } y_i = y_0 \cdot M_T = (0,006)(2) = 0,012\text{ m}$$

Por lo tanto se concluye que la imagen es real (s_i es positiva), invertida ($M_T < 0$) y de mayor tamaño ($y_i > y_o$).

3.11.4 ACTIVIDADES PROPUESTAS

a. Complete:

Los espejos esféricos son superficies esféricas en una de sus caras y de acuerdo a ellos se clasifican en y Las imágenes que produce un espejo cóncavo son siempre y pueden ser aumentadas o El aumento lateral es un concepto que indica y puede ser positivo o Si s_i es positiva, entonces la imagen es.....; si $M_T < 0$, entonces la imagen está.....

b. Analice y responda:

¿Qué tipo de espejos esféricos se utilizan en los cajeros automáticos? ¿Cuál es el objetivo?

c. Resuelva los siguientes ejercicios:

1. Con los datos del ejercicio modelo dibuje el diagrama de rayos principales y obtenga la imagen resultante. ¿Coincide con los resultados del ejercicio?
2. Repita el ejercicio modelo, suponiendo que ahora se tiene un espejo convexo. ¿Cuáles son los parámetros que varían y cuáles se mantienen?

3.12 PRÁCTICA N° 12. LENTES DELGADAS

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO

Lentes delgadas

TEMAS QUE CUBRE

- Construcción de imágenes en lentes delgadas.
- Ecuación del fabricante de lentes.

DESCRIPCIÓN

Elemento	Material	Color	Cantidad.	Representa
Varilla	Aluminio galvanizado	Negro	1	Eje
Flecha	Aluminio galvanizado	Violeta/Rojo/Verde	3	Rayos principales
Flecha	Aluminio galvanizado	Blanco	2	Objeto e imagen
Varilla	Aluminio galvanizado	Azul/Amarillo/Rosado	3	Cotas
Base	Madera	Negro	1	Soporte

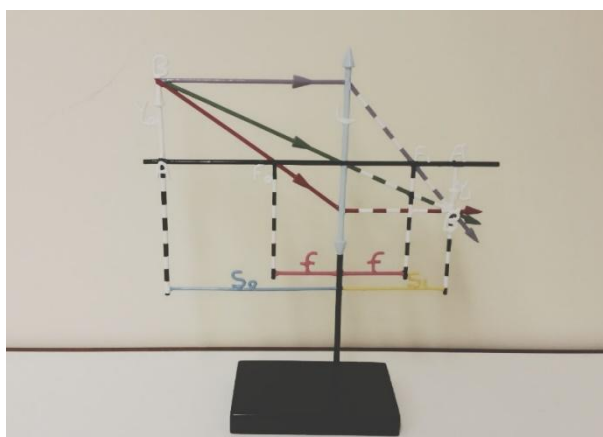


Figura 12.1 Maqueta construcción de imágenes en lentes delgadas

3.12.1 GUÍA PARA EL DOCENTE

LENTE DELGADA

Objetivo: Conceptualizar los elementos involucrados y aplicar las leyes relacionadas con lentes delgadas convergentes.

Procedimiento:

- a. La maqueta está diseñada para que se exponga a los estudiantes el proceso de formación de imágenes en lentes delgadas convergentes; además de ello, para que se pueda mostrar los distintos elementos y simbologías contenidos en el estudio de este tipo de lentes.
- b. Imagine un objeto unidimensional, en este caso la flecha delgada ***AB*** de altura ***y₀***, paralela a la lente convergente ***L*** y ubicado a una distancia ***s₀*** de ***L***.
- c. Se pueden trazar tres rayos principales provenientes de ***B***. Uno paralelo al eje óptico ***AA'***, otro que pase por el centro de la lente y otro que pase por el foco objeto ***F_o*** del sistema.
- d. Para la construcción de la imagen se pueden utilizar solo dos de los tres rayos principales. Y se utilizan los siguientes convenios:
 - a. Un rayo que incide paralelo al eje emerge por el foco imagen.
 - b. Un rayo que incide, pasando por el foco objeto, emerge paralelo al eje
 - c. Un rayo que incide, pasando por el centro de la lente, prosigue sin desviarse.
- e. La maqueta muestra la construcción de la imagen utilizando los tres rayos, los cuales se intersecan en un mismo punto que, medido a partir del eje óptico, representa la altura de la imagen ***y_i***
- f. La maqueta muestra también los elementos contenidos en una lente: centros, focos, radios, vértices y eje.

3.12.2 MARCO TEÓRICO

LENTES DELGADAS

Al igual que los espejos cóncavos, una lente convergente también forma imágenes. El ejemplo más sencillo de lente convergente es la lupa, la cual forma imágenes virtuales, aumentadas y derechas, siempre y cuando el objeto se encuentre dentro del foco. Si el objeto se encuentra distante, más allá del foco, entonces se forma una imagen real e invertida. Observe la figura 12.2

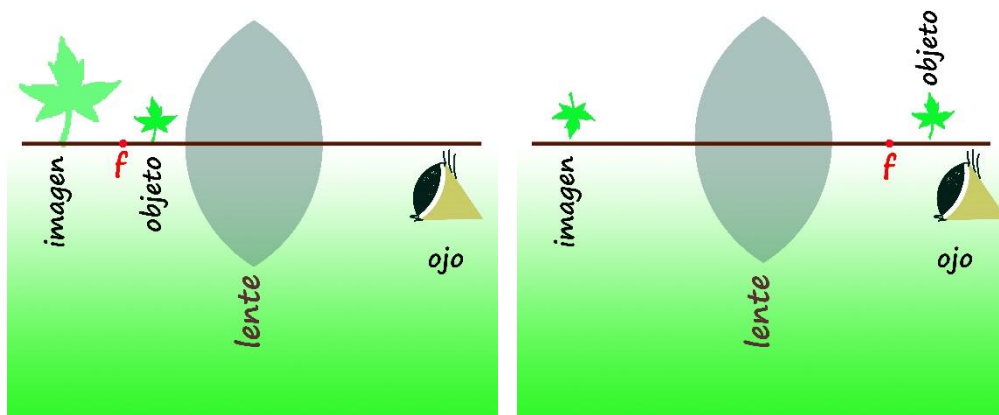


Figura 12.2 Imágenes en lentes convergentes

Cabe mencionar que ninguna lente produce una imagen perfecta, ya que por algunas características del objeto y de la lente misma se producen distorsiones de la imagen, a estas distorsiones se las llama aberraciones.

La aberración de esfericidad, se debe a que la luz que pasa por los extremos de la lente se enfoca en un lugar distinto que la luz que pasa cercano al centro de la lente; así también, la aberración cromática se debe a que la luz tiene distintas rapideces y, en consecuencia, distintas refracciones en la lente.

Las aberraciones se pueden corregir utilizando una combinación de lentes, de esta manera se obtienen imágenes más nítidas especialmente en instrumentos que demanden de una gran precisión.

Para la construcción de imágenes en lentes convergentes se trabajan con los siguientes convenios con respecto al rayo incidente:

- Un rayo que incide paralelo al eje emerge por el foco imagen.
- Un rayo que incide, pasando por el foco objeto, emerge paralelo al eje
- Un rayo que incide, pasando por el centro de la lente, prosigue sin desviarse.

De acuerdo a lo anterior, existen tres rayos principales, y se pueden utilizar dos para construir una imagen.

La ecuación del fabricante de lentes está dada por la expresión:

$$\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f} = \left(\frac{n_L}{n_m} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (12.1)$$

la cual relaciona la distancia objeto y la distancia imagen con la distancia focal, así también la distancia focal con los índices de refracción y los radios de curvatura de una lente delgada.

La altura de la imagen y_i es positiva si se encuentra sobre el eje óptico, en tal caso la imagen es derecha, y negativa si está por debajo, en tal caso, la imagen es invertida El aumento transversal está dado por:

$$M_T = \frac{y_o}{y_i} = -\frac{s_i}{s_o} \quad (12.2)$$

Como ya se vio al inicio, una lente divergente puede producir imágenes reales o virtuales, dependiendo de la posición del objeto con respecto al foco, en cambio, las lentes divergentes solo pueden formar imágenes virtuales.

3.12.3 EJERCICIO MODELO

Se coloca un insecto que mide 3,75 mm de largo a 22,5 cm a la izquierda de una lente delgada planoconvexa. La superficie izquierda de esta lente es plana, la superficie derecha tiene un radio de curvatura de 13 cm y el índice de refracción con la que está hecha la lente es de 1,7. a) Calcule la ubicación y el tamaño de la imagen del insecto que forma esta lente ¿La imagen es real o virtual? ¿Derecha o invertida? (*Problema adaptado del libro Física Universitaria de Sears-Zemansky*)

SOLUCIÓN:

La figura 12.3 muestra un esquema del problema planteado. Para determinar f se hará uso de (12.1) así también utilizando (12.2) se determinará el aumento transversal.

Los datos que se obtienen a partir del problema son:

$$R_1 \rightarrow \infty; R_2 = -0,13 \text{ m}$$

$$s_o = 0,225 \text{ m}; y_o = 0,00375 \text{ m}$$

$$n_m = 1; n_L = 1,7$$

Utilizamos (9.1)

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_L}{n_m} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

De donde:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{1,7}{1} - 1 \right) \left(\frac{1}{\infty} - \frac{1}{-0,13} \right) \rightarrow f = 0,186 \text{ m}$$

Utilizamos nuevamente (9.1) para determinar la distancia imagen:

$$\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f} \rightarrow s_i = \frac{s_o \cdot f}{s_o - f} = \frac{(0,225)(0,186)}{0,225 - 0,186} = 1,07 \text{ m}$$

Para determinar el tamaño primero hallamos el aumento transversal.

$$M_T = -\frac{s_i}{s_o} = -\frac{1,07}{0,225} = -4,76$$

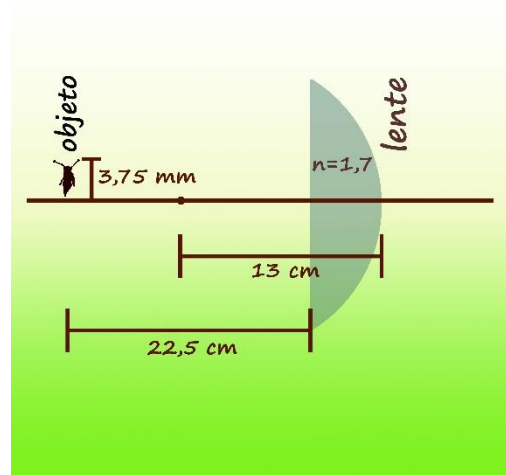


Figura 12.3 Esquema del ejercicio modelo

Luego, el tamaño es: $y_i = y_0 \cdot M_T = (0,00375 \text{ m})(-4,76) = -0,01785 \text{ m}$

Por lo tanto se concluye que la imagen está a 1,07 m a la derecha de la lente y mide 0,01785 m, por ello es real (s_i es positiva) e invertida ($M_T < 0$)

3.12.4 ACTIVIDADES PROPUESTAS

a. Complete:

Las lentes delgadas pueden ser y divergentes. En el caso de una lente convergente, si el objeto está dentro del foco, entonces la imagen será....., y pero si la imagen está más allá del foco, entonces la imagen será..... e, en cambio, las lentes divergentes solo pueden formar imágenes Las lentes pueden presentar aberraciones..... y aberraciones....., y para corregirlas se utilizan..... Finalmente, la ecuación del fabricante de lentes relaciona los siguientes parámetros:

.....
.....

b. Analice y responda:

¿Se puede ver un objeto más nítido cuando la pupila está dilatada o cuando es más pequeña? Explique a qué se debe esto.

c. Resuelva los siguientes ejercicios:

1. Repita el ejercicio modelo, suponiendo que ahora la lente esta al revés.
2. Una lente convergente forma una imagen de un objeto real de 30 cm de altura a su izquierda, la imagen esta invertida y tiene una altura de 4 cm. ¿Dónde se encuentra el objeto y la imagen con respecto a la lente? ¿la imagen, es real o virtual? Considere que la distancia focal de la lente es de 85 cm

CONCLUSIONES

Luego de haber desarrollado el presente trabajo de investigación, se han logrado determinar las siguientes conclusiones:

- a. El promedio general con que los estudiantes aprueban la materia de Física III en los tres últimos periodos es de 72,06.
- b. El puntaje promedio máximo con el que los estudiantes aprueban la materia de física III es 89,67/100 y el puntaje promedio mínimo es 49,00/100.
- c. La física III es una materia que tiene cierto grado de dificultad para la mayoría de la población estudiada y es debido a que, para su enseñanza, se carece de materiales didácticos en ciertos temas.
- d. Es necesaria la implementación de material didáctico, con lo cual la población espera mejorar sus niveles de aprendizaje y con ello también su rendimiento académico, además de ello, también se logrará una clase más llamativa, constructivista y participativa.

RECOMENDACIONES

Luego de haber desarrollado el presente trabajo de investigación, se ha visto pertinente redactar las siguientes recomendaciones:

- a. Que los futuros desarrolladores de trabajos de investigación se enfoquen en ampliar la propuesta, en tanto a material didáctico, para algunos temas de física que aún carecen de este tipo de recursos, a su vez, la propuesta debe estar enfocada en implementar el laboratorio de física de la carrera de Matemáticas y Física de la Universidad de Cuenca.
- b. Que, en el caso de existir material didáctico en un determinado tema, mediante un trabajo de investigación, se mejoren esos materiales hasta llevarlos a lo más sofisticado y sencillo posibles, de tal manera que cumplan las exigencias educativas actuales.
- c. Que éste trabajo de investigación es presentado como una ayuda para el docente, quien podrá utilizar las maquetas presentadas cuando así lo crea conveniente. A su vez, un estudiante que quiera aprender de manera autónoma, también puede valerse de esta propuesta, sin embargo, este trabajo de ninguna manera reemplaza al profesor.

BIBLIOGRAFÍA

- Asamblea Nacional. (2010). *Ley Orgánica de Educación Superior*. Quito.
- Avecillas, S. (2007). *Física III*. Cuenca.
- Burbano, S. (n.d.). *Física General*. Madrid: Tébar.
- Coll, M., T, M., M, M., J, O., I, S., & A, Z. (n.d.). *El Constructivismo en el Aula*.
- De Zubiría Samper, J. (2008). *De la Escuela Nueva al Constructivismo*. Bogotá:
Cooperativa Editorial Magisterio.
- EDUCACION, M. D. (2012). *LEY ORGANICA DE EDUCACION INTERCULTURAL BILINGUE*. QUITO.
- García Hernández, I., & de la Cruz Blanco, G. d. (2014). *Las guías didácticas: recursos necesarios para el aprendizaje autónomo*. Santa Clara: EDUMECENTRO.
- Hewitt, P. (2007). *Física Conceptual*. México : Pearson Educación.
- Medina Rivilla, A., & Salvador Mata, F. (2009). *Didáctica General*. Madrid: Pearson Educación, S.A.
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2010). *Lineamientos Curriculares para el Bachillerato General Unificado: Área de Ciencias experimentales, Física*. Quito.
- Ruiz Martin, V. (2012). *La maqueta y el modelo tridimensional como recursos didácticos en el área de educación plástica y visual en la ESO*. Madrid.
- Savater, F. (1997). *El Valor de Educar*. Barcelona: Ariel.



Torres Maldonado, H., & Girón Padilla, D. A. (2009). *Didáctica General*. San José:

Editorama, S.A.

Young, H., & Freedman, R. A. (2009). *Física Universitaria*. México : Pearson

Educación.



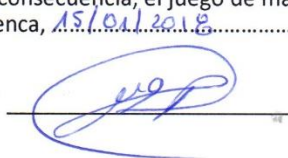
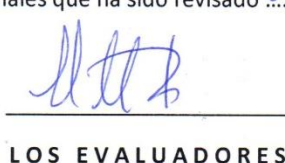
ANEXOS

Anexo 1. Validación

UNIVERSIDAD DE CUENCA					
FACULTAD DE FILOSOFÍA, LETRAS Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN					
CARRERA DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA					
MATRIZ DE VALIDACIÓN DE EQUIPO CONCRETO					
DISEÑADO Y CREADO PARA MATEMÁTICAS Y FÍSICA					
CON MOTIVO DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN					
DENOMINACIÓN DEL MATERIAL	P A R Á M E T R O	VALORACIÓN			
		1	2	3	4
Maqueta de campo eléctrico	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓
Diferencia de potencial	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓
Maqueta para encontrar diferencia de pesos	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓
Ondas estacionarias	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓
Ondas Vibraciones en cuerdas	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓
Ondas Vibraciones (Nodos y vientres)	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓
Vibraciones en tubos de áreas abiertos en 2 extrem	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓
Efecto Doppler	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓
Reflexión y Refracción de la luz	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓

Maqueta espejo plano	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN					✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES					✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN					✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA					✓
Espejo cóncavo.	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN					✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES					✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN					✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA					✓
Lente convergente	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN					✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES					✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN					✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA					✓
	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN					
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES					
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN					
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA					
	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN					
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES					
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN					
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA					
	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN					
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES					
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN					
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA					
	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN					
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES					
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN					
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA					
	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN					
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES					
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN					
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA					

En consecuencia, el juego de materiales que ha sido revisado ^{SI}..... es validado.
Cuenca, 15/01/2018.....

LOS EVALUADORES

